

CNC-Entwicklung und -Anwendung auf der Basis erfahrungsgeleiteter Arbeit

Martin, Hans (Ed.); Rose, Helmuth (Ed.)

Veröffentlichungsversion / Published Version
Forschungsbericht / research report

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. - ISF München

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Martin, H., & Rose, H. (Hrsg.). (1992). *CNC-Entwicklung und -Anwendung auf der Basis erfahrungsgeleiteter Arbeit* (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz: Forschung, Fb 658). Bremerhaven: Wirtschaftsverl. NW, Verl. für Neue Wiss. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-100294>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use:

This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

H. Martin
H. Rose
(Hrsg.)

**CNC-Entwicklung und -Anwendung
auf der Basis erfahrungsgeleiteter Arbeit**

Bonn 1992

Das Projekt „Aufzeigen von technischen, organisatorischen und qualifikatorischen Gestaltungsfeldern zur Nutzung erfahrungsgeleiteter Arbeit bei der Entwicklung und beim Einsatz von CNC-Techniken durch einen Forschungsverbund“ wurde vom Bundesminister für Forschung und Technologie gefördert.

Kennzeichen: 01 HH 348/3

Verantwortlich für den Inhalt dieses Berichtes sind die Autoren.

Das Bundesministerium für Forschung und Technologie übernimmt keine Gewähr insbesondere für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie die Beachtung privater Rechte Dritter.

Die Bearbeitung des Projektes erfolgte durch:

Gesamthochschule Kassel · Universität
Fachgebiet Arbeitswissenschaft
Prof. Dr.-Ing. Hans Martin
Dr. Thomas Hoffmann

CNC-Zentrum Hamburg
Dr. Dipl.-Psych. Helmuth Rose
Peter Golinski

Forschungsgruppe Arbeitssoziologie und
Technikgestaltung GmbH Berlin
Dr.-Ing. Johannes Dünnwald

Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und
Innovationsforschung Karlsruhe
Dipl.-Kfm. Gunter Lay
Dipl.-Psych. Ing. (grad.) Robert Schneider

Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung
München
Dr. Fritz Böhle

Technische Universität Berlin
Institut für berufliche Bildung und
Weiterbildungsforschung
Prof. Dr.-Ing. Heinz Erbe

Technische Universität Berlin
Institut für Humanwissenschaft
in Arbeit und Ausbildung
Prof. Dr. Walter Volpert
Dipl.-Psych. Wolfgang Kötter

Gesellschaft für Arbeitsschutz und
Humanisierungsforschung
Volkholz und Partner
Dipl.-Ing. Rolf Failmezzger
Eva Drexler

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und
Organisation Stuttgart
Dipl.-Psych. Tilmann Krogoll
Dipl.-Päd. Wolfgang Pohl

Universität Hamburg
Psychologisches Institut I
Prof. Dr. Harald Witt

Stiftung Berufliche Bildung Hamburg
Dr. Dipl.-Ing. Wolfgang Kunkel

Die Ergebnisse wurden auf Workshops am 2. 6. 1989 in Karlsruhe und am 22. 6. 1989 in Hamburg der breiteren Öffentlichkeit vorgestellt. Der vorliegende Bericht wurde am 23. 6. 1989 in Hamburg von den o. g. Beteiligten als gemeinsames Grundsatzpapier verabschiedet.

© Projektträger „Arbeit und Technik“ 1992

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen fotomechanischen Wiedergabe (Fotokopie, Mikrokopie) und das der Übersetzung, vorbehalten.

Aus Gründen des Umweltschutzes wurde diese Schrift auf chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.

Printed in Germany

Druck und Verlag: Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH,
Postfach 101110, D-2850 Bremerhaven 1, Telefon (0471) 46093-95, Telefax (0471) 42765

ISSN 0722-6810
ISBN 3-89429-199-0

Kurzfassung

In dem vorliegenden Abschlußbericht werden offene Forschungsfragen in drei Forschungsfeldern zusammengefaßt, die sich allgemein mit technischen, organisatorischen und qualifikatorischen Gestaltungsfeldern umschreiben lassen.

Als wesentliches Ergebnis wurde festgestellt, daß die gegenwärtige technische Gestaltung der CNC-Techniken zum einen die Generierung impliziten Erfahrungswissens erschwert, und zum anderen die Nutzung vorhandenen Erfahrungswissens kaum unterstützt.

Die Kapselung der CNC-Maschine ebenso wie die Steuerung des Bearbeitungsprozesses über die Elektronik verhindert die direkte Perzeption akustischer, visueller und taktiler Signale an der Maschine und damit den organären Aufbau impliziter Modellrepräsentationen über den Bearbeitungsprozeß und die Maschinenstruktur.

Die Programmierung der CNC-Steuerung entspricht bei weitem in ihrer Logik nicht der Handlungsregulation von Facharbeitern und erfolgt in der Regel auf abstraktem kognitiven Niveau, so daß sensorische Perzeptionen kaum mit den Informationsdarstellungen der CNC-Steuerungen übereinstimmen.

Es wurde ferner festgestellt, daß sich neue Formen impliziten Erfahrungswissens an CNC-Techniken herausbilden, die es sowohl in ihrer Entstehung als auch ihrer Nutzung zu unterstützen gilt, um die menschengerechte Gestaltung der Produktionsbetriebe beim Einsatz von CNC-Techniken zu verwirklichen.

Schlagwörter

CNC-Technik

Kapselung

Steuerung

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	
I. Vorbemerkungen zum Forschungsansatz	1
II. Zusammenfassende Thesen über computergestützte erfahrungsgeleitete Arbeit in der Produktion	3
2.1 Bedarf an Erfahrungswissen	3
2.2 Probleme für den Erwerb, die Sicherung und die Förderung von Erfahrungswissen	3
2.3 Handlungsbedarf	5
III. Beschleunigte Entwicklung zu einer rechnergestützten Fertigung bei gleichzeitig offenkundiger werdenden Problemen der Nutzung von Erfahrung beim CNC-Einsatz	6
3.1 Diffusion der CNC-Technik in der Bundesrepublik Deutschland	7
3.2 Trend zum CNC-Einsatz in CAD-, CAM- und PPS-Umgebungen	8
3.3 Probleme der Nutzung von Erfahrung beim CNC-Einsatz	14
IV. Notwendige Rückbesinnung auf die Bedeutung erfahrungsgeleiteter Arbeit bei rechnergestützter Fertigung	21
4.1 Erwartete Effekte des CNC-Einsatzes in CAD-, CAM- und PPS-Umgebungen	22
4.2 Mögliche gegenläufige Auswirkungen durch Ausblendung erfahrungsgeleiteter Arbeit hinsichtlich Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter und Steuerungsfähigkeit der Arbeitsvollzüge	24
4.3 Versuch zur Klärung des Begriffs der erfahrungsgeleiteten Arbeit und seiner Anwendung bei rechnergestützter Fertigung	31

	Seite
4.4 Gegenwärtige Erklärungskonzepte über Aspekte der Erzeugung und Nutzung von Erfahrungswissen	36
V. Gestaltungsfelder von technischen, organisatorischen und qualifikatorischen Systemkomponenten rechnergestützter Fertigung in der Werkstatt	42
5.1 Generelle technische, organisatorische und qualifikatorische Leitvorstellungen und Gestaltungsregeln zur Berücksichtigung erfahrungsgeleiteter Arbeit	42
5.2 Erhaltung und Ausweitung des Aufgabenzuschnitts an der CNC-Werkzeugmaschine durch Werkstattprogrammierung und interaktive Dialoggestaltung	49
5.3 Optimieren des Aufgabenzuschnitts in der Werkstatt durch vernetzte CNC/CAD-Strukturen	55
5.4 Ausweitung des Aufgabenzuschnitts in der Werkstatt durch vernetzte Strukturen der Auftragsabwicklung und Kapazitätsauslastung (CNC/PPS-Koppelung)	58
5.5 Unmittelbare Prozeßtransparenz und direkte Prozeßregulation als noch wenig entwickelte technische Systemkomponenten zum Erwerb von Erfahrungswissen	60
5.6 Förderung interaktiver Kommunikationsstrukturen durch entscheidungsorientierten Datenfluß auf der Basis verteilter Datenthaltung und Benutzerbeteiligung bei der Systementwicklung	65
5.7 Anforderungen an die Qualifizierung für eine erfahrungsgeleitete rechnergestützte Facharbeit in der Werkstatt	71
VI. Literaturverzeichnis	80

Vorwort

Die Industriearbeit steht zum Ende des Jahrhunderts vor einem Umbruch. Die Notwendigkeit zu einer verstärkt kundenorientierten Produktion verlangt eine flexiblere Fertigung in den Unternehmen. Damit verbunden ist eine zunehmend stärkere Orientierung auf kleine und mittlere Losgrößen in der Fertigung. Zu diesem Zweck müssen Betriebe eine neue Fertigungsorganisation entwickeln, die genügend Flexibilität in eine Produktionsstruktur implementiert, die durch neue Produktionstechnologien und durch eine wachsende Geschwindigkeit der Produktinnovation darüber hinaus immer komplexer wird.

Dieser Herausforderung einer betrieblichen Modernisierung sind Unternehmen mit unterschiedlichen Strategien neuer Fabrikorganisation begegnet: so bemüht man sich um Konzepte gesamtbetrieblicher Vernetzung auf der einen und um eine produktbezogene Reorganisation der Fertigung auf der anderen Seite, andererseits werden verstärkt Anstrengungen unternommen, Technikkomponenten für eine flexible Prozeßautomatisierung zu integrieren; darüber hinaus setzt beim Management und bei Planern ein Umdenken im Hinblick auf den Beitrag qualifizierter, kompetenter Produktionsarbeit in der Werkstatt für eine effektivere Leistungserstellung in der Fabrik ein.

Vielleicht kennzeichnet dieses Umdenken mit der Zielrichtung einer qualifizierten, ganzheitlicheren Produktionsarbeit am stärksten den Umbruch zur "modernen" Fabrik. 'Neue Produktionskonzepte', 'Fabrik 2000' (Brödner) und 'Das Ende der Arbeitstellung?' (Kern/Schumann) stehen auf der Tagesordnung - ein Paradigmenwechsel nach beinahe 100 Jahren Taylorismus ist jedenfalls unverkennbar.

Das angesprochene Umdenken hat ohne Zweifel weitreichende Konsequenzen für das Arbeitshandeln und die adäquate Qualifikation des Werkstattpersonals. Mit dem teilweisen Rückzug detaillierter zentraler Fertigungsplanung und "-optimierung" zugunsten dezentraler Planung und Steuerung der Produktion durch qualifizierte Mitarbeiter in der Werkstatt bekommt die Nutzung praktischer Erfahrung des Facharbeiters für die Leistungserstellung einen hohen Stellenwert.

Der vorliegende Beitrag sieht sein besonderes Forschungsanliegen im Aufzeigen von technischen, organisatorischen und qualifikatorischen Gestaltungsfeldern zur Nutzung erfahrungsgeleiteter Arbeit bei der Entwicklung und beim Einsatz von CNC-Techniken. Im besonderen wird die Nutzung und Unterstützung von Erfahrungswissen zur Bewältigung von Zerspanungsprozessen beim Drehen und Fräsen untersucht.

CNC-Steuerungstechniken beeinflussen erheblich den Qualifikations- und Erfahrungsstatus der Facharbeiter. Auf der einen Seite sind davon steigende Anforderungen an fachliches Wissen (Programmierkenntnisse beispielsweise) berührt; auf der anderen Seite werden - wie bei konventionellen Werkzeugmaschinen - praktische Erfahrungen im Hinblick auf Materialgefühl, technische Sensibilität und Arbeitsorganisation vorausgesetzt.

Gerade der zweite Bereich - das Erfahrungswissen -, der beim Arbeitshandeln sukzessive aufgebaut wird, ist bislang für CNC-Arbeit noch zu wenig untersucht worden.

Hier versucht der vorliegende Beitrag Untersuchungsleitlinien aufzuzeigen.

Darüber hinaus werden facharbeitergerechte Lösungen für eine rechnerintegrierte Produktion im Hinblick auf die Bedeutung erfahrungsgeleiteter Arbeit beleuchtet. Dabei wird auch der Frage nachgegangen, inwieweit "standardisiertes Erfahrungswissen" für eine optimale Nutzung rechnergestützter Fertigungstechnik ausreichend objektiviert werden kann oder ob gerade subjektivierendes Arbeitshandeln für die Nutzung flexibler Produktionstechnik einen strategischen Wert besitzt.

Hinsichtlich dieser Problematik ist die abschließende Zusammenschau von Leitvorstellungen für die Gestaltung von technischen, organisatorischen und qualifikatorischen Komponenten für eine rechnerunterstützte Fertigung in der Werkstatt auf Basis 'qualifizierter Produktionsarbeit' hervorzuheben.

Die Breite des Ansatzes - ein Ergebnis der interdisziplinären Zusammenarbeit von Arbeitswissenschaftlern, Produktionstechnikern und Sozialwissenschaftlern - ermöglicht eine Diskussion über die Zukunft der Facharbeit, die aus der Sackgasse der begrenzten Fragestellung "Werkstattprogrammierung versus AV-Programmierung" herausführt.

I. Vorbemerkungen zum Forschungsansatz

Während die **Einführung der CNC-Technologie** insbesondere bei kleineren und mittleren Betrieben **noch nicht abgeschlossen** ist, zeichnet sich bereits eine **weitergehende Entwicklung** ab: Die **Nutzung von CNC-Technik in CAD-, PPS- und CAM-Umgebungen**. Mit dieser Entwicklung zur rechnerintegrierten Fertigung ergeben sich vielfältige technische Fragen, die grundlegende und praxisorientierte Diskussionen beherrschen. Im Rahmen dieser Diskussionen werden zunehmend im Zusammenhang mit organisatorischen Fragen zur Einführung neuer Technik, allerdings damit abgeleitet und nachrangig, Aspekte von Erfahrung im Sinne von möglichst rascher Aneignung der Technik durch Benutzer einbezogen.

So gut wie **ausgeklammert** bleibt jedoch die prinzipielle **Bedeutung erfahrungsgeleiteter Arbeit** bei rechnergestützter Fertigung. Allenfalls im Rahmen von Schulungen zur Beherrschung von Betriebsmitteln wird sie ansatzweise aufgegriffen, indem beispielsweise praktische Berufserfahrung als Eingangsvoraussetzung für Qualifizierungen problematisiert wird.

Der "Zug" technischer Entwicklung fährt also mit Eiltempo weiter, ohne daß Probleme, die sich aus der Vernachlässigung der Bedeutung erfahrungsgeleiteter Arbeit ergeben haben, genügend zur Kenntnis genommen und grundlegend behandelt werden. Dadurch besteht die Gefahr, daß derartige Probleme bei der Weiterführung den Entwicklung zur rechnergestützten Fertigung hin mit übernommen werden und sich möglicherweise als Folge der Vernetzung potenzieren.

Wie Dietrich Dörner in seiner Schrift "Die Logik des Mißlingens" (1988, Lit. A) dargelegt, unterscheiden sich komplexe vernetzte Systeme gegenüber isolierten Anwendungen grundlegend. Für den Umgang mit rechnergestützten Systemen bedarf es neuer Denk- und Handlungsformen, insbesondere hinsichtlich der Erfassung und Wertung von zeitlichen Verläufen, sowie einer menschlicher Alltagserfahrung entgegenkommende technische Unterstützung in Entscheidungssituationen.

Es erscheint deshalb sinnvoll, die bislang nicht berücksichtigten Probleme der Erfahrungsbildung eingehend zu erörtern und Lösungsmöglichkeiten für technische Entwicklungen abzuwägen.

Erfahrungsgeleitete Arbeit meint dabei die **selbständige Beherrschung der rechnergestützten Fertigung durch implizites Wissen** des Werkstattpersonals, wie es zur Sicherung flexibler Produktion notwendig ist. Beim Einsatz von CNC-Technik handelt es sich um die **Geometrie-, Technologie- und Prozeßbeherrschung**. Erfolgt dieser Einsatz in

CAM- und PPS-Umgebungen, kommen Anforderungen zur **Beherrschung des Materialflusses** und der **Auftragsabwicklung** als Aufgaben für die Werkstatt hinzu.

Für die Geometriebeherrschung stehen gegenwärtig vielfältige Hilfen zur Verfügung. Für die Technologiebeherrschung sind sie dagegen begrenzt und Mittel zur Prozeßbeherrschung in der Werkstatt sind weitgehend noch nicht vorhanden. Das gilt auch hinsichtlich der Beherrschbarkeit der Materialflüsse und der Auftragsabwicklung. In vielen technischen Konzepten herrscht die Meinung vor, durch Abruf von Werkstattdaten könnte die Beherrschung auf der Grundlage von Modellierungen an anderer Stelle vorgenommen werden. Dieser Auffassung wird hier entgegengehalten, daß die Beherrschung der Techniken möglichst prozeßnah erfolgen sollte, da dann durch die Bediener und Nutzer der Technik aktiv Erfahrungen gesammelt und eingebracht werden können, um die Technik in den aktuellen Arbeitssituationen optimal einzusetzen. Das Wissen wird "implizit" durch eine Handlung erworben und wird durch Ausführung von Arbeitshandlungen angewendet. Derartig **aktiv gemachte Erfahrungen** sind Kenntnisse, über die Arbeitskräfte verfügen, ohne sie unbedingt in Worte fassen zu können. Wie Michael Polanyi hervorhebt, handelt es sich um **Deutungsleistungen unterhalb der Bewußtseinsschwelle**. Durch dieses **implizite Erfahrungswissen** wird die Aufmerksamkeit von Einzelheiten auf den Gesamtzusammenhang gelenkt (vgl. M. Polanyi, 1985, S. 19, S. 33, Lit. B).

Es wird davon ausgegangen, daß dieses aktuell abrufbare implizite Erfahrungswissen sich zum Teil nicht vollständig informatisieren und jederzeit verfügbar modellieren läßt und dadurch der Automatisierung Grenzen gesetzt sind. Außerdem bedarf es völlig **neuer Formen der technischen Unterstützung** für die Beobachtung automatischer Abläufe mit hohen Geschwindigkeiten sowie für die Handhabung vieler miteinander gekoppelter Parameter, so daß auch mit dieser Technik implizites Erfahrungswissen erworben werden kann. Aus dieser Vorüberlegung heraus erwachsen andere Anforderungen an die Technikentwicklung und -anwendung. Sie realisiert die Produktion, ist aber gleichzeitig Medium der Unterstützung für den Aufbau und die Nutzung von Erfahrung. Technik bestimmt nicht vollends die Arbeitsweise. Die von Erfahrung geleitete Arbeitsweise stellt gleichwertig Anforderungen an die zur Produktion geeignete Technik. Damit implizite Erfahrungen gemacht werden können, sind neben der Entwicklung neuer Formen technischer Unterstützung auch **neue Formen dezentraler Arbeitsorganisation** und **neue Formen der Qualifizierung** wie beispielsweise tätigkeitsorientierte Aneignung zu erarbeiten und anzuwenden.

II. Zusammenfassende Thesen über computergestützte erfahrungsgeleitete Arbeit in der Produktion

Die folgendenden Thesen waren Grundlage der Workshops des Forschungsverbundes am 2. Juni 1989 in Karlsruhe und am 22. Juni 1989 in Hamburg.

2.1 Bedarf an Erfahrungswissen

- (1) Der gegenwärtige Trend in der Fertigung führt zu stärkerem Rechnereinsatz. Auch in diesen rechnergestützten Fertigungsstrukturen kommt jedoch den Erfahrungen der Arbeitskräfte nach wie vor eine große Bedeutung zu. **In Arbeitssituationen** mit unvollständigen Informationen und bei risikobehafteten Entscheidungsfällen, insbesondere **unter Zeitdruck, steuert** nicht das formalisierbare Wissen angemessenes Handeln, sondern **das sogenannte implizite Erfahrungswissen**. Dieses ist **individuell**, entwickelt sich **durch aktives Handeln und durch das Erleben der Konsequenzen eigenen Handelns**. Es lößt sich durch Interaktion zwischen Arbeitskräften, nicht aber durch Texte vermitteln.
- (2) Die **Notwendigkeit** zur direkten Nutzung **von Erfahrung** vor Ort **stellt kein vorübergehendes Phänomen** dar, das im Rahmen einer weiteren Durchdringung der Produktion mit Rechnerleistung und durch den Einsatz von Expertensystemen aufgelöst werden kann. Der Anteil des Erfahrungswissens, der nicht formalisierbar ist und durch informelle Kommunikation erworben, ausgetauscht und angewendet wird, ist für eine Einbettung in Systemmodelle und Expertensysteme nicht geeignet. Hier liegen die Grenzen der Automation.
- (3) Das notwendige **implizite Erfahrungswissen wurde** (und wird auch weiterhin) **in konventionellen Fertigungsstrukturen erworben**. Bei der gegenwärtigen rechnergestützten Fertigung ist der Erwerb, der Erhalt und die Weiterentwicklung dieser traditionellen Erfahrung kaum möglich. Für den Umgang mit rechnergestützten Fertigungsstrukturen sind darüber hinausgehende **neue implizite Erfahrungsinhalte notwendig**, deren Aneignung ebenfalls nicht gefördert wird. Es bedarf neuer Formen technischer, organisatorischer und qualifikatorischer Vermittlung.

2.2 Probleme für den Erwerb, die Sicherung und die Förderung von Erfahrungswissen

- (4) Gegenwärtige rechnergestützte Fertigungsstrukturen weisen einen großen Mangel auf: **Die Einheit von Aktion** (Planung, Programmierung, Einrichten, Optimieren, Einfahren usw.) **und Reaktion** (Erleben von Maschinenzuständen, Werkstoff-

veränderungen, Schneidstoffeinflüssen, erreichter Qualität usw.) ist durch technische und organisatorische Bedingungen **nicht gegeben**.

- (5) Hinsichtlich der **Geometriebeherrschung** ist durch die Entwicklung der neueren grafikorientierten Programmierverfahren (z.B. im WOP-Projekt des BMFT) eine technische Voraussetzung geschaffen, die Einheit von Aktion und Reaktion (z.B. grafische Kontureingaben, Simulation und grafische Abbildung des realen Zerspanprozesses) zu ermöglichen. Organisatorisch ist dies bisher lediglich eine Option für den Maschinenführer. Zur Realisierung der Einheit von Aktion und Reaktion ist eine Programmierung durch den Maschinenführer erforderlich. Bei zukünftigen Kopplungen von CAD und CNC-Systemen ist es deshalb notwendig, daß die Geometriedaten aus den CAD-Systemen für die Werkstatt verfügbar gemacht werden.
- (6) Hinsichtlich der **Technologiebeherrschung** (Spannplanung, Werkzeugauswahl, Festlegung von Anfahrweg, Vorschubgeschwindigkeiten, Schnittgeschwindigkeiten usw.) lassen die gegenwärtigen technischen Bedingungen (hohe Bearbeitungsgeschwindigkeiten, minimale Toleranzen, verkapselte Maschinen, Kühl- und Schmiermitteleinsatz usw.) keine auf unmittelbarer Wahrnehmung fußende Erfahrung zu. Derartige Erfahrungen lassen sich bisher nur an konventionellen Werkzeugmaschinen erwerben. Es bedarf neuer Formen des Erfahrungswissens sowie geeigneter technischer Instrumentierung für "vermittelte" Wahrnehmung. Ferner sind organisatorische Modelle zu entwickeln, die den Aufbau von Erfahrung unterstützen.
- (7) Für die **Prozeßbeherrschung** fehlen gegenwärtig ebenfalls die wesentlichen Voraussetzungen. Erfahrungen mit Werkstückbemaßung, Werkzeugverschleiß, Fehlersuche und Fehlerbehebung sowie Störungsdiagnose und -beseitigung zu machen. Eine Erhebung von Daten an der Werkzeugmaschine und eine Auswertung an einem anderen Ort erscheint nur erfolgversprechend bei deterministischen Prozeßabläufen mit eindeutigen Auswertungsmustern. Bei stochastischen Prozessen bedarf es einer von der Erfahrung her gewonnenen Interpretation auftretender Datenkonstellationen bzw. Datenmuster. Auch die Frage der für den Erfahrungsgewinn geeigneten Meßinstrumentierung ist unklar.
- (8) Hinsichtlich der Beherrschung der **Auftragsabwicklung** gilt: Zwischen 10 und 30 Prozent der täglich zu bearbeitenden Auftragsmengen ist hinsichtlich des Durchlaufs durch die Werkstatt nur grob voraussehbar und planbar. Detaillierte Planungen erfolgen zweckmäßigerweise vor Ort, da hier eine aktuelle Übersicht über den Kapazitätsbestand und die Materialbereitstellung gegeben ist. Dort

sind auch Erfahrungen über das organisatorisch noch Mögliche hinsichtlich geeigneter Arbeitsgangbündel und dafür günstiger Maschinenbelegung verfügbar, so daß Umrüstzeiten minimal sind, wobei trotzdem die mit Priorität versehenen Aufträge im Tagesverlauf abgearbeitet werden. Diesen Tatbeständen entsprechend ist gegenwärtig die Diskussion über PPS-Systeme in Gang gekommen, bei denen eine **Rückverlagerung von Steuerungsinstruktionen in die Werkstatt** (Werkstattsteuerung) ermöglicht wird.

2.3 Handlungsbedarf

(9) Flexible Fertigung und logistikgerechte Planung bedürfen der Erfahrung in der Werkstatt. **Rechnergestützte Systemmodelle können** das schnell abrufbare, **implizite Erfahrungswissen nicht ersetzen**. Wo die Werkstatt diese Erfahrung hat, sollte sie zu deren Erhalt anteilig Programmierung, Maschinenüberwachung und Auftragssteuerung übernehmen und hierbei auf Vorbereitungen an anderer Stelle zugreifen können (z.B. hinsichtlich verfügbarem Material, Termineckwerten, Programmen usw.). Für an anderem Ort vorzunehmende übergreifende Arbeiten (z.B. Kostenanalysen, Kapazitätsauswertungen, Materialflußbetrachtungen usw.) kann die Werkstatt hinsichtlich Aktualität und Relevanz verdichtete, geprüfte und korrigierte Daten (gegebenenfalls mit Kommentaren versehen) in vereinbarten Abständen zuliefern. Auf diese Weise würden die **Daten aus der Werkstatt durch menschliche Überprüfung** in einem Erfahrungskontext in das **DV-System** eingebracht, der an anderem Ort nicht gegeben ist. Es bedarf der Schaffung technischer, organisatorischer und qualifikatorischer Voraussetzungen zur Realisierung dieser Perspektive.

(10) Für die Technologie- und Prozeßbeherrschung ist zu klären, ob der beim Aufbau von implizitem Erfahrungswissen genutzte Wahrnehmungstypus (z.B. Fließbilder, Gestalten, Bewegungsfolgen) technisch vermittelt werden kann. Außerdem ist zu klären, ob Arbeitskräfte sich nicht von direkt wahrnehmbaren Bearbeitungsschritten mentale Vorstellungsbilder machen und die Abarbeitung innerhalb dieser mentalen Modelle an codierten Werten der Maschine markieren (Kontextmarkierungen). Auch ist nicht bekannt, wieviel Rückkopplung zwischen mentalen Vorstellungsbildern und unmittelbarer sowie vermittelter Wahrnehmung notwendig ist, um "Sicherheit" bei den Arbeitskräften zu erzeugen. **Die technische Vermittlung von Gestalten und Elementen für die mentale Strukturierung** stellt einen bislang vernachlässigten, **zukunftsweisenden Weg** dar, um den Umgang mit nichttransparenten Maschinen und Systemen aktiv für den Bediener beherrschbar zu machen. Sie sind notwendige Ergänzung zu den gegenwärtig vorherrschenden technischen Entwicklungslinien, bei denen die

noch mögliche Transparenz für den Maschinenführer - als passivem Beteiligten - durch das System selektiert wird.

- (11) Da sich die neuen Formen des Erfahrungswissens auch bei neuen Formen technischer Unterstützung einer vollständigen Instrumentalisierung entziehen, stellt **Gruppenarbeit funktionell die bestangepaßte Arbeitsweise** dar. **Erfahrungsbildung und -anwendung zu fördern.** Dies gilt sowohl für den Arbeitsprozeß als auch für die Weiterentwicklung von Fertigungssystemen im Rahmen voranschreitender DV-Integration. Die menschliche Kommunikation schafft "Sicherheit" auch in Risikosituationen. Gruppenarbeit läßt die Vorrhaltung von vertrautem Erfahrungswissen zu, das damit dennoch gleichzeitig verfügbar ist.
- (12) **Hinsichtlich der Qualifizierung** ist zu prüfen, ob im Anschluß an die Erstausbildung eine praktische Übungszeit an konventionellen Werkzeugmaschinen erfolgen soll. Für die Weiterbildung zur CNC-Anwendung, insbesondere in vernetzten Strukturen, sollten **tätigkeitsorientierte Maßnahmen** durchgeführt werden, die **auch Elemente der Sensibilisierung für den Erwerb impliziten Erfahrungswissens** enthalten. In bezug auf die Fortbildung und Beratung von Planern und Entscheidern gilt es, Maßnahmen zu entwickeln, die bei der Gestaltung, Auswahl und dem Einsatz von Systemkomponenten rechnergestützter Fertigungsstrukturen auf die Voraussetzungen für den Erwerb und den Erhalt impliziter Erfahrung aufmerksam machen.
- (13) Die Erforschung und Entwicklung technischer Systemkomponenten wie auch Systemstrukturen und Qualifikationsstrategien für **erfahrungsgeleitete Arbeit** bei rechnergestützter Produktion ist **ein zukunftsweisendes Innovationfeld für Hersteller und Anwender.** Hier könnte ein spezifischer Ansatzpunkt europäischer Prägung mit der Bundesrepublik Deutschland als Promoter geschaffen werden.

III. **Beschleunigte Entwicklung zu einer rechnergestützten Fertigung bei gleichzeitig offenkundiger werdenden Problemen der Nutzung von Erfahrung beim CNC-Einsatz**

Um die Chancen der Umsetzung des hier vertretenen Forschungs- und Entwicklungsansatzes treffsicher einschätzen zu können, empfiehlt es sich, in Rückschau auf bisherige und mit Übersicht auf gegenwärtige Entwicklungen bekanntgewordene Schwachstellen, die auf die weitgehende Ausblendung des Aspektes erfahrungsgeleiteter Arbeit zurückzuführen sind, näher zu durchleuchten.

An der **Schwelle zu den 90er Jahren** können **noch genügend Weichen** gestellt werden, **um die Leitvorstellung erfahrungsgeleiteter Arbeit verwirklichen zu können.**

3.1 Diffusion der CNC-Technik in der Bundesrepublik

1977 waren etwa 10.000 numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen in Betrieben der BRD installiert. CNC-Maschinen standen zu diesem Zeitpunkt noch am Anfang ihrer Entwicklung und hatten mit ca. 2000 Installationen einen Anteil von ca. 20 Prozent an allen damals eingesetzten numerisch gesteuerten Maschinen.

Zwischen 1977 und 1979 vollzog sich ein grundlegender Wandel. Während kaum noch festverdrahtete NC-Maschinen installiert wurden, erhöhte sich der Einsatz von CNC-Maschinen um 5.000. Dieser Trend beschleunigte sich, so daß bis Ende 1985 der Bestand an CNC-Maschinen auf ca. 50.000 (bei insgesamt ca. 64.000 numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen) anwuchs. Im Jahr 1987 belief sich die Gesamtzahl auf schätzungsweise 80.000 Einheiten, d.h. bei ca. 1,2 Mio Werkzeugmaschinen gab es insgesamt 6,4 Prozent CNC-Werkzeugmaschinen.

Die Sättigungsgrenze dürfte unter Berücksichtigung der höheren Produktivität dieser Maschinen gegenüber konventionellen Werkzeugmaschinen (zwei- bis vierfaches bei Zweischichtnutzung) und unter Annahme eines gleichbleibenden Fertigungsvolumens bei ca. 150.000 bis 200.000 Einheiten liegen (vgl. M. Boffo./G. Lay/R. Schneider 1987, Lit. G).

Das Einsatzpotential ist damit gegenwärtig etwa zur Hälfte ausgeschöpft.

Im Prozeß der Diffusion von numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen fanden erhebliche strukturelle Verschiebungen zwischen Nutzerbranchen und Bearbeitungsverfahren statt.

Mitte der achtziger Jahre sind es vor allem kleinere Wirtschaftgruppen, die neben Werkzeugmaschinenbau, Fahrzeugbau und elektrotechnischer Industrie die Hälfte aller jährlichen neu installierten CNC-Maschinen abnehmen.

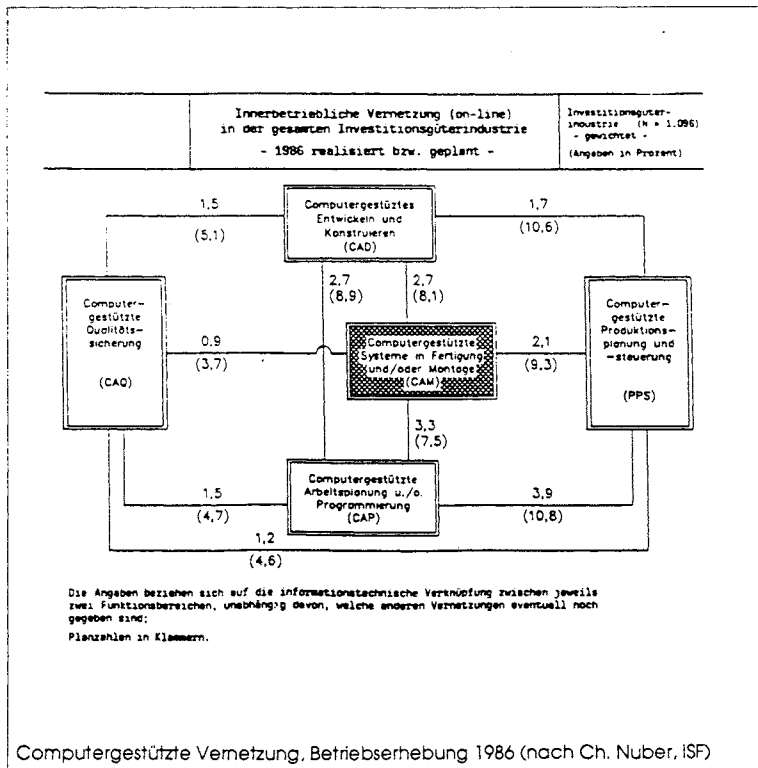
Standen zu Anfang des CNC-Einsatzes CNC-Bohr- und CNC-Drehmaschinen im Vordergrund der Einführung, sind es heute vor allem CNC-Fräsmaschinen sowie trennende und umformende Bearbeitungsverfahren wie Stanzen, Nibbeln, Schleifen oder Biegen.

Ab Anfang der 90er Jahre wird vor allem mit einer **Nachfrage nach CNC-Technik** gerechnet, **die sich für Koppelungen mit CAM- und PPS-Umgebungen eignet**. Zusätzlich zum noch nicht ausgeschöpften Einsatzpotential der CNC-Technik kündigt sich damit

bereits ein Bedarf nach Ersatz überholter Technik an. Da die Linien der technischen Entwicklung jedoch nicht vollständig feststehen, könnte der Aspekt erfahrungsgeleiteter Arbeit noch einfließen.

3.2 Trend zum CNC-Einsatz in CAD-, CAM- und PPS-Umgebungen

Nach einer Befragung des Instituts für Sozialwissenschaftliche Forschung München steht der Prozeß der Einführung integrierter Rechneranwendungen in den Betrieben der Investitionsgüterindustrie offensichtlich erst am Anfang (vgl. Ch. Nuber, 1987 Lit. G). Erst relativ wenige Betriebe (9%) haben 1986 mindestens eine innerbetriebliche Vernetzung - gleich welcher Art - bereits realisiert.



Bisher am häufigsten realisiert ist eine Verknüpfung zwischen computergestützten Produktionsplanungs- und -steuerungssystemen (PPS) und computergestützter Arbeitsplanung (CAP).

Knapp 4% der Betriebe der Investitionsgüterindustrie geben an, diese Verbindungen realisiert zu haben. Auch bei den Planungsabsichten wird diese Verbindung relativ häufig genannt. Demnach werden in absehbarer Zeit ca. 15% der Betriebe hier rechnerintegriert arbeiten. Überdurchschnittlich oft wird diese Verbindung - einem Trend bei den meisten Vernetzungsformen folgend - in der Elektrotechnik realisiert; aber auch im Maschinenbau ist die tatsächliche und die potentielle Anwenderquote überdurchschnittlich hoch.

An zweiter Stelle in der Häufigkeit steht die zur vertikalen Integration zählende Verbindung zwischen Arbeitsplanung/Programmierung (CAP) und computergestützten Systemen in Fertigung und Montage (realisierte Verknüpfungen in 3,3%, geplante in 7,5% der Betriebe). Hierunter fällt auch der DNC-Betrieb von CNC-Maschinen.

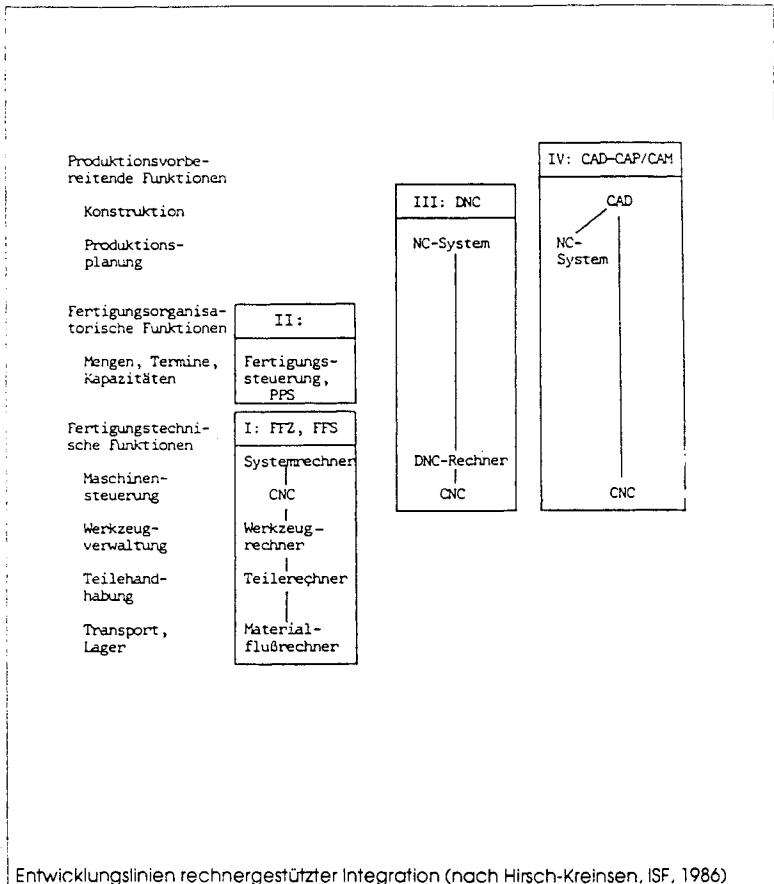
Es folgen in der Häufigkeit (Realisierung in jeweils knapp 3% der Betriebe) die vertikalen Verbindungen zwischen der Konstruktion und Entwicklung (CAD) und der Programmierung einerseits sowie mit computergestützten Systemen in der Fertigung bzw. Montage (CAM) andererseits. Jeweils weitere 8-9% der Betriebe wollen diese Verknüpfung in absehbarer Zeit verwirklichen.

Die Verknüpfung zwischen PPS und CAM gibt es in etwa 2% der Betriebe, weitere 9% planen sie; diese Vernetzung ist vor allem in Maschinenbaubetrieben überdurchschnittlich oft realisiert (4,4%) und geplant (13,4%).

Schließlich weist noch die Verknüpfung zwischen CAD und PPS - vor allem bei den Planungen - einen vergleichsweise bedeutsamen Verbreitungsgrad auf. Diese Vernetzungslinie ist in der Elektrotechnik überdurchschnittlich oft verwirklicht; nach den

Angaben zu den Planungen scheint sie aber auch für Maschinenbaubetriebe an Bedeutung zu gewinnen.

Auf die Werkstatt kleinerer und mittlerer Betriebe bezogen und damit für den CNC-Einsatz als Umgebung bedeutsam, heben sich **mehrere Entwicklungslinien rechnergestützter Integration** voneinander ab (vgl. hierzu H. Hirsch-Kreinsen 1986, S. 23 ff -, Liste G ; H. Hoff 1987, S. 10 f., - Lit. G; G. Lay/K. Maisch/R. Schneider, 1987, S. 100 ff - Lit. G; A.W. Scheer 1987, S. 85 ff, Lit.G).



Der erste Integrationsbereich umfaßt die **Koppelung fertigungstechnischer Funktionen (CAM), einschließlich der Qualitätssicherung (CAQ).**

Werkstattsteuerungs- und Betriebsdatenerfassungsfunktionen laufen integriert mit Maschinen-, Roboter-, Transport- und Lagersteuerungen und beinhalten zugleich Instandhaltungs- und Qualitätssicherungsfunktionen. Voraussetzung dafür sind Netzwerke und standardisierte Systemschnittstellen, wie sie beispielsweise im MAP (Manufacturing Automation Protocol) definiert sind.

Fertige Standardlösungen in diesem Bereich existieren bislang nicht. Erste Lösungen erstrecken sich auf die Verknüpfung von BDE- und CAQ-Funktionen und die gemeinsame Nutzung von (Leit-)Rechnern und Netzwerken für Werkstattsteuerungs-, BDE- und DNC-Funktionen (vgl. H. Hoff 1987, S. 11, Lit. G).

Zu diesem Bereich zählen auch alle Bemühungen um den Aufbau flexibler Fertigungslinien durch Verknüpfung mehrerer Werkzeugmaschinen mit oder ohne Einbezug von Bearbeitungszentren und Handhabungssystemen sowie um den Einbezug von flexiblen Fertigungszellen (FFZ) und flexiblen Fertigungssystemen (FFS) in die Produktion.

Der Übergang zwischen flexiblen Zellen und flexiblen Systemen dürfte aufgrund der fortschreitenden Standardisierung der Systemkomponenten zunehmend fließend werden. Wesentliches Merkmal der neueren Entwicklung ist dabei, daß auf die in der Vergangenheit konzipierten "Großsysteme" mit einer Vielzahl von Maschinen und Fertigungseinrichtungen zugunsten kleinerer modular aufgebauter Systeme verzichtet wird (vgl. H. Schulz, 1986, S. 91, Lit. G).

Der **zweite Integrationsbereich** betrifft die Rückkopplung zwischen **Planung und Steuerung im PPS-Bereich**, also den Datenaustausch **zwischen den Funktionen der Material- und Zeitwirtschaft** einerseits **und der Werkstattsteuerung** inklusive der Betriebsdatenerfassung andererseits. Diesem Integrationsbereich sind außerdem Datentransfers zur Finanzbuchhaltung, Kalkulation und Lohnabrechnung zuzuordnen. Viele größere Standardpakete der PPS beinhalten entsprechende Programme und Schnittstellen.

Aber die Funktionen "echter" BDE- und Werkstattsteuerungssysteme beinhalten sie meist nicht. Andererseits bilden die Kopplungen eigenständiger BDE- und Werkstattsteuerungssysteme mit übergeordneten Planungssystemen in der Praxis eher die Ausnahme als die Regel. Hier haben die Unternehmen Nachholbedarf. Der organisatorische Realisierungsaufwand ist häufig ungleich höher als der technische Aufwand zur Systemkopplung (vgl. H. Hoff 1987, S. 9 f., Lit. G).

Aufgrund ihres relativ breiten Einsatzes werden Systeme der Fertigungssteuerung verschiedentlich als Basis zukünftiger umfassender CIM-Systeme in den Betrieben betrachtet (vgl. H.U.Förster, A. Syska, 1985 Lit. G). Als weitergehende Integrationsmöglichkeit zeichnet sich zum einen die Vernetzung mit DNC-Systemen oder den Rechnern von flexiblen Fertigungssystemen ab, die die Funktionen der Feinplanung in Abstimmung mit dem übergeordneten Fertigungssteuerungssystem übernehmen (vgl. P.Hedrich, S. 124 ff, 1983, Lit. G). Zum zweiten bietet sich eine Verknüpfung zu CAD-

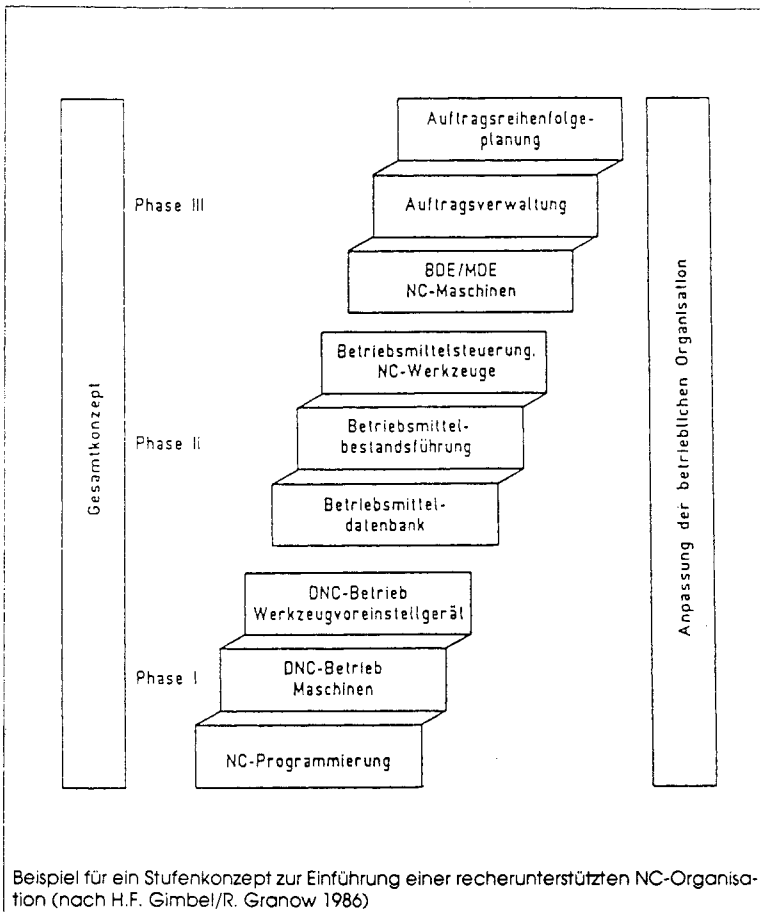
Systemen an. Durch die dann mögliche direkte Nutzung von Konstruktionsdaten (Teilestammdaten, Stücklisten) sollen Materialdisposition und Planung des Fertigungsprozesses auf eine systematischere, der realen Auftragsituation jeweils besser angepasste Basis gestellt werden (vgl. H. Hirsch-Kreinsen, 1986, Lit. G).

Der **dritte Integrationsbereich** bezieht sich auf die **Einführung von DNC-Systemen und ihre Integration** mit zumeist in den Betrieben schon vorhandenen **Systemen der NC-Programmierung** (vgl. im folgenden H.Hirsch-Kreinsen, 1986, Lit. G). Zentrale Funktionen eines DNC-Systems sind die Verwaltung und Archivierung der NC-Daten für die angeschlossenen Werkzeugmaschinen sowie ihre bearbeitungsabhängige Verteilung an die einzelnen Maschinen. Darüber hinaus können in ein DNC-System produktionsvorbereitende Funktionen und fertigungsorganisatorische Funktionen integriert werden: z.B. Programmkorrektur und Programmerstellung, Betriebsdatenerfassung und damit zusammenhängende Fertigungssteuerungsfunktionen.

Ogleich die Grundkonzeption solcher Systeme schon in der zweiten Hälfte der 60er Jahre entwickelt wurde, blieb ihre Verbreitung bislang begrenzt. Erst der ständig steigende Umfang von Daten und Programmen aufgrund immer komplexerer Maschinen und Produkte, die immer schwieriger auf konventionellem Wege bewältigt werden können, sowie die fortschreitende Rechnerentwicklung lassen DNC-Systeme für die Betriebe rentabel werden. Dies gilt insbesondere für Betriebe der Einzel- und Kleinserienfertigung, wo DNC-Systeme zu einer Vereinfachung und besseren Kontrollierbarkeit des hier besonders unübersichtlichen und vielfältigen Informationsflusses im Werkstattbereich führen sollen (vgl. W. Diehl, S. 28, 1988, Lit. G und R. Granow u.a., 1983, Lit. G). Die Integration über ein DNC-System kann in diesen Betrieben durchaus als Alternative zum hier problematischen Einsatz von flexiblen Fertigungssystemen angesehen werden.

Beim Einsatz von CNC-Systemen sind freilich eine ganze Reihe von informationstechnischen Problemen zu überwinden, die insbesondere in der Vernetzung teilweise sehr unterschiedlicher CNC-Steuerungen sowie der fehlerfreien Datenübertragbarkeit liegen. Gleichwohl werden DNC-Systeme unterschiedlichsten Funktionsumfangs in absehbarer Zeit eine deutlich weitere Verbreitung erfahren. DNC-Systeme können dabei als Vorstufe eines späteren fertigungsumfassenden Leitrechnersystems angesehen werden (vgl. H. Hammer, B. Herholz 1983, Lit. G).

Ratsam erscheint eine stufenweise Systemeinführung in kleinen Schritten, um eine allmähliche Schulung und Einübung des Werkstattpersonals, eine flexible Anpassung an die fortschreitende Entwicklung im Bereich des Rechnereinsatzes und eine zeitliche Verteilung der Investitionen zu gewährleisten (vgl. H.F. Gimbel, R. Granow, 1986).



Der **vierte Integrationsbereich** beinhaltet die **Kopplung von CAD und NC-Programmierung** einerseits und die Übergabe von Arbeitsplandaten an die PPS-Zeitwirtschaft andererseits (vgl. im folgenden insbesondere G. Lay/K. Maisch/R. Schneider, 1987). Die technische Entwicklung zur Integration von "Computer Aided Design" (CAD) und NC-Programmierung geht derzeit in zwei Richtungen: Zum einen werden Kopplungen zwischen CAD-Systemen und NC-Programmiersystemen realisiert, wobei eine Geometriedatenübertragung erfolgt, zum anderen bieten die CAD-Systemanbieter sog. NC-Module an, d.h. NC-Programmiersysteme, die direkt als Bestandteil des CAD-Systems konzipiert sind. Nachdem mit dem Übergang von der NC- zur CNC-

Technologie wieder Arbeitsorganisationen möglich und vermehrt realisiert wurden, die das NC-Programmieren als wesentlichen planerischen Bestandteil der Bearbeitungsaufgaben dem Maschinenarbeiter zuordneten, sind bei integrierten CAD/NC-Systemen hierfür die technischen Voraussetzungen noch keineswegs ausreichend gegeben.

So zeigte sich in einer 1986 vom Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung Karlsruhe durchgeführten schriftlichen Befragung von mehr als 100 Unternehmen, die eine CAD/NC-Integration realisiert haben, daß nur in 13 Prozent der Integrationsfälle Beschäftigte der Fertigung mit der NC-Programmierung befaßt waren (G.Lay et al. 1987, Lit. G). Es wurde weiter deutlich, daß ein Teil der NC-Programme nun auch nicht mehr im Arbeitsvorbereitungsbereich, sondern gänzlich in der Konstruktion erzeugt wurden (in 15 Prozent der Fälle). Das heißt, daß beim derzeitigen Stand der CAD/NC-Integrationsanwendung eine deutliche Zentralisierung der NC-Programmieraufgaben in den Unternehmen noch vorherrscht. Allerdings spielte die NC-Programmierung von Werkzeugmaschinen durch Beschäftigte der Fertigung bisher auch ohne die CAD/NC-Integration eine eher bescheidende Rolle.

Durch Entwicklung von dialogorientierten CNC-Steuerungen mit grafisch-interaktiver Eingabe und grafischer Simulation sind **gegenwärtig** sehr wohl **werkstattorientierte Programmierverfahren** (WOP, vgl. KfK, PT FT, und J. Kromberg, 1988, Lit. G) **vorhanden**, die aufgrund ihrer einfachen Handhabbarkeit eine Werkstattprogrammierung erleichtern und deshalb zu ihrer Verbreitung beitragen werden. Sind die Programmiersysteme für AV und Werkstatt durchgängig, lassen sich auch DNC-Verbunde organisieren, bei der in der AV und Werkstatt programmiert wird.

Inwieweit ein dadurch geförderter Gegenstrom in Richtung Werkstattprogrammierung im DNC-Verbund ausgelöst werden kann, wird nicht zuletzt davon abhängen, ob es gelingt, erfahrungsgeleiteter Arbeit in der Werkstatt den ihr gebührenden funktionell begründeten Stellenwert zukommen zu lassen.

3.3 Probleme der Nutzung von Erfahrung beim CNC-Einsatz

Am Anfang der CNC-Entwicklung wurde von ingenieurwissenschaftlicher und Hersteller-Seite noch die Auffassung vertreten, in Zukunft bedürfte es zur Bedienung nur gering entlohnter Angelernter oder Hilfskräfte, während die Programmierung und Steuerung über Rechner mit Hilfe einiger Fachkräfte abgewickelt werden könne (nachzulesen bei H. Shaiken, 1980, Lit. C und D. Noble, 1979, Lit. H).

Diese Ansicht hat sich in der Praxis als generell nicht tragfähig erwiesen. Es steht außer Zweifel, daß für **Großserien** die **Programmierung** und Steuerung der Werkzeugmaschinen rechnergestützt **am Programmierplatz** und Leitstand in zentralen Betriebseinrichtungen erfolgen kann. In der Regel wird auch so vorgegangen. Ob diese Vorgehensweise allerdings die einzig sinnvolle ist, muß angesichts der Befunde, daß nach wie vor **vorrangig Facharbeiter an CNC-Werkzeugmaschinen** zum Einsatz kommen, bezweifelt werden. Ein **bestimmender Grund** ist darin zu sehen, daß ihr **Erfahrungswissen für die Optimierung** von Programmen **unerlässlich** ist.

Für flexible Produktion, z.B. infolge eines Anteils von täglich notwendigen Auftragsumstellungen, werden von den Betrieben **fast ausschließlich Facharbeiter eingesetzt**. Sie sind häufig nicht nur für Programmkorrekturen und -optimierungen zuständig, sondern darüber hinaus für einen Teil der Programmerstellung sowie für Maschinenbelegung und Umrüstung.

Facharbeiter mit langer Berufspraxis in Werkstattstrukturen mit geringer Arbeitsteilung, besitzen ein aktuell verfügbares Arbeitsvermögen, das aus ihren Erfahrungen mit Auftragsabwicklung, Arbeitsplanung, Maschinenüberwachung und Teileprüfung resultiert.

Der **wesentliche Grund** hierfür liegt darin, daß die Feinplanung von Aufträgen in der Werkstatt und über einzelne Werkzeugmaschinen **häufig** die zum Teil **gegenläufigen Zielsetzungen** nach Termineinhaltung gegenüber Rüstzeitminimierung, Durchlaufzeitverkürzung und möglichst hoher Maschinenauslastung verfolgen muß. **Hier helfen neben berechneten Planungswerten sogenannte individuell erworbene Erfahrungswerte** hinsichtlich dessen, **was** in einer bestimmten Arbeitssituation **als optimal angesehen werden kann**.

Arbeitspläne, d.h. die Auflistung der zeitlichen Reihenfolge der einzelnen Arbeitsvorgänge, werden entweder als AV-Vorgaben gelesen, interpretiert, optimiert und in eine verbesserte zeitliche Ablaufstruktur gebracht oder sie werden vom Maschinenführer aus der Zeichnung selbst erstellt. In beiden Fällen werden vom Maschinenführer Erfahrungen über Materialverhalten und Werkzeugeinsatz eingebracht und hieraus Rückschlüsse für Vorschubwerte und Drehzahlen sowie die Werkzeugwahl (z.B. wenn vorgesehene Werkzeuge nicht oder nicht mit den angegebenen Maßen verwendbar sind) abgeleitet.

Dabei zeigt sich durchweg: **Die Qualifikation der eingesetzten Facharbeiter** beruht zum größten Teil **auf** ihren **Erfahrungen**, die sie **an konventionellen Werkzeugmaschi-**

nen gemacht haben. Problem ist lediglich ,wie diese an konventionellen Maschinen gemachten Erfahrungen für Arbeit an CNC-Maschinen transformiert werden können.

Das gilt insbesondere im Hinblick auf die Programmierverfahren und die Maschinenüberwachung.

Bei der maschinellen Programmierung kommen problemorientierte oder sogenannte höhere Programmiersprachen wie z.B. EXAPT, TC-APT oder AUTOPIT zum Einsatz, bei der halbmaschinellen oder manuellen Programmierung wird stärker entsprechend DIN 66025 orientiert vorgegangen. Für den direkten Umgang mit höheren Programmiersprachen bringt der Facharbeiter nicht ohne weiteres die notwendigen Voraussetzungen mit. Die NC-Sprache nach DIN 66025 verlangt vom Facharbeiter, Werkzeugbewegungen mit Hilfe von abstrakten Codes in einzelnen Sätzen zu beschreiben. Was an der konventionellen Maschine im Gedächtnis aufgrund entsprechender Handgriffe und mit den Augen noch begleitbaren maschinellen Bearbeitungsvorgängen als Bild für die gesamte Verfahrensbewegung eines Bearbeitungsabschnittes verfügbar ist, muß bei Einsatz der NC-Sprache gemäß DIN 66025 in die Form von "Listen" mit satzweisen Maschinenbefehlen umgedacht werden. Diese Programmierungslogik nach DIN 66025 erschwert mit Symbolen ungeübten Facharbeitern den Zugang zu diesen Verfahren (ein Umstand auf den insbesondere U. Blum hingewiesen hat, u.a. 1987, S. 256, Lit. H). Ist der Facharbeiter in dieser "Übersetzungs"-Leistung erst einmal geübt, gelingt ihm gleichwohl die Beherrschung der Verfahren.

Der Facharbeiter hat ein Vorstellungsbild von einem volumenhafte Endprodukt. Er "sieht" dieses Endprodukt "aus" der Zeichnung. Er kann es bei Könnerschaft "im Kopf" drehen und wenden, um so die günstigsten Aufspannungen und Verfahrenswege zu prüfen.

Der maschinelle Bearbeitungsvorgang kann so anschaulich "vorgedacht" werden, z.B. wo die Bearbeitung beginnen und wo einzelne Schritte aufeinander folgen sollten. Das Abtasten und Drehen des Werkstücks mit der Hand, das Lesen der Zeichnung und die "vorgedachten" Bearbeitungsschritte bilden einen Vorgang, der sowohl Aufschluß über die notwendige Bearbeitung als auch über die Wahl von Werkzeugen und die Festlegung von Technologiewerten gibt. Das Einfahren schließt den Vorgang ab. Wird an anderem Ort programmiert, ist dieser ganzheitliche Vorgang gestört. **Programmierung, Optimierung und Einfahren** bilden eine für den Erwerb von **Erfahrungswissen notwendige Erfahrungskette. Maschinenüberwachung, Fehlersuche und Störungsbehebung** bei Automatikbetrieb bilden eine **weitere notwendige Erfahrungskette.**

Seit Anfang der 80er Jahre sind Programmierverfahren entwickelt worden, die eine ganzheitliche Erfahrungskette fördern. Dazu gehören das klartextorientierte Dialogkonzept mit Sprachen ohne enge Anbindung an DIN 66025 und gut verständlicher Menüführung sowie geometrieelementbezogene Dialogkonzepte mittels Systemsprachen und Softkeys, bei denen Roh- und Fertigteilkonturen sukzessive zusammengesetzt und nach Hinzufügung technologischer Daten DIN-Programme generiert werden (vgl. u.a. W. Weber, 1988, S. 137, Lit. H).

Mit diesen "benutzerorientierten" Dialogkonzepten sind Programmierverfahren gegeben, die den Transfer von Erfahrung bei der Arbeitsplanung an konventionellen Maschinen erleichtern.

Für Maschinenüberwachung fehlt es dagegen an technischer Unterstützung für die Arbeitskräfte.

Gegenwärtig stellt sich **die Frage, wo die Arbeitserfahrung herkommt, wenn Arbeitskräfte den Umgang mit konventionellen Maschinen nicht mehr kennen**. Wie gewinnen Sie dann Erfahrung über technologische Werte (Spannplanung, Verfahrenswege, Werkzeugwahl, Vorschub- und Schnittgeschwindigkeiten usw.)? **Zugleich** brauchen Arbeitskräfte zur Handhabung der CNC-Technik Arbeitserfahrungen aus dem Umgang mit Werkzeugmaschinen, die mit hohen Geschwindigkeiten und engen Toleranzen vorgehen. Diese können nicht an konventionellen Maschinen erworben werden. Es reicht also nicht aus, früheres Erfahrungswissen wiederzugewinnen bzw. zu sichern. Es bedarf grundsätzlich auch **des Erwerbs neuen Erfahrungswissens**. Hierfür spielt insbesondere die **Prozeßtransparenz eine wesentliche Rolle**. Sie ist bei CNC-Werkzeugmaschinen (gegenüber konventionellen Maschinen) erheblich eingeschränkt. Die direkte Einsicht in Prozeßablauf und Arbeitsraum sowie zeitsynchrone vorausschauende oder rückverfolgende Beobachtungen sind nicht gegeben. Damit bleiben potentiell neue Zugänge zum Erfahrungserwerb unausgeschöpft.

Wie wichtig die Prozeßtransparenz für die Gewinnung von impliziter Erfahrung ist, haben F. Böhle und B. Milkau (1988, Lit. B) durch eine qualitative Untersuchung belegt. Sie stellten fest, daß die implizite Erfahrung **durch sinnliche Wahrnehmung und individuellen Umgang mit der Maschine erworben und gesichert** wird. Das gilt gleichermaßen für die Arbeit an konventionellen Werkzeugmaschinen wie an CNC-Maschinen.

Um die Dimensionen von sinnlicher Erfahrung an Werkzeugmaschinen zu verdeutlichen, sollen die Befunde von F. Böhle und B. Milkau hinsichtlich konventioneller Maschinen kurz dargestellt werden.

Die sinnliche Wahrnehmung erfolgt überwiegend über mehrere Sinne gleichzeitig, d.h. über Auge, Ohr und Hand, wie auch durch den Körper und über Bewegungen des Körpers insgesamt. Manuelle Handgriffe, wie z.B. die Bedienung der Kurbel oder das Aufspannen eines Werkstücks, sind keine isolierten, für sich bestehenden einzelnen Handgriffe. Auch Sehen und Hören sind unmittelbar verbunden mit Bewegungen des Körpers, die Blickwinkel und Entfernung verändern.

Betrachtet man den Gebrauch der Sinne im einzelnen, so zeigt sich, daß gerade die Wahrnehmung von objektiv und rational nicht eindeutig identifizierbaren und definierbaren "Informationen" eine wichtige Rolle spielt. So ist es z.B. unerlässlich, daß der Facharbeiter am Geräusch der Maschine und der einzelnen Bearbeitungsvorgänge überprüft und erkennt, ob Fehler oder Störungen auftreten: was jedoch von den Arbeitskräften im einzelnen gehört wird und woran man erkennt, ob bei der Bearbeitung "alles richtig läuft", das - in den Worten eines Facharbeiters - "kann man nicht exakt beschreiben und exakt messen". Dabei spielt bei der sinnlichen Wahrnehmung speziell das "Erspüren" eine wichtige Rolle.

Deutlich wird dies, wenn Arbeitskräfte beschreiben, wie sie am Geräusch erkennen, ob Fehler auftreten. So etwa: "Man muß hören, spüren, ob es richtig läuft." Dies zeigt sich auch beim taktilen Umgang mit den Arbeitsmitteln, dem Gebrauch der Hand: "In der Hand sitzt das Gespür". "Die Hand erkennt was, beim Aufspannen hat man das notwendige Gefühl in den Händen. Mit der Meßuhr allein könnte man da nichts machen. Die ist nur dazu wichtig, daß man einen Beweis dafür hat, was die Hände sagen und spüren". Auch bei der visuellen Wahrnehmung kommt es neben dem AbleSEN von Meßwerten und Skalananzeigen darauf an, den "richtigen Blick" für Materialeigenschaften oder den Werkzeugverschleiß zu haben. Und auch hier wird betont: "Nur ein Facharbeiter, der ein Gespür dafür hat, der sieht es".

Charakteristisch für den Umgang mit der Maschine ist, daß die Arbeitskraft nicht an der Maschine arbeitet, indem sie bestimmte Arbeitsvorgänge auslöst oder die Maschine bedient, sondern sie arbeitet mit der Maschine wie mit einem Werkzeug. Entscheidend für diese Arbeitsweise ist, daß im Selbstverständnis der Arbeitskräfte die Maschine nur durch ihre Handhabung und Führung die gewünschten Bearbeitungsvorgänge ausführt. Der Gegenstand, der arbeitet, ist nicht die Maschine, sondern das jeweilige Werkstück, das mit der Maschine bearbeitet wird.

Dem entspricht, daß die von der Maschine ausgeführten Bearbeitungsvorgänge - wie bei einem Werkzeug - in den Eigenvollzug des Arbeitshandelns eingehen und mit diesem unmittelbar verbunden sind. Typisch hierfür sind Aussagen wie: "Die Maschine

ist für mich wie ein Werkzeug, denn die konventionelle Maschine macht von sich aus gar nichts; deshalb ist die Maschine wie ein Werkzeug." Das Werkzeug wird dabei als etwas begriffen, was zu einem gehört, was quasi eine Verlängerung der eigenen "Organe" darstellt. Wesentlich hierfür ist, daß man die Maschine "im Griff" hat.

Eine entscheidende Grundlage hierfür ist die manuelle Steuerung, d.h. die Steuerung über die Kurbel oder den Hebel. In den Worten eines Facharbeiters: "Über den Hebel hat man die Maschine direkt im Griff. Da spüre ich das in den Händen, was ich bewirke." Bei einem solchen Vorgehen vollzieht der Facharbeiter auch die maschinellen Bearbeitungsvorgänge subjektiv mit. Gefordert ist, daß er sich auf die Maschine "einläßt" - in den Worten eines Facharbeiters: "Das ist sozusagen 'in die Maschine reingehen'. Da hat man eine Schmerzempfindung, wenn die Maschine falsch läuft."

Auch wenn die Arbeitskräfte bei der Arbeit mit der Maschine nach einem festgelegten Arbeitsplan vorgehen, erfolgt die Durchführung der einzelnen Bearbeitungsvorgänge schrittweise. Kennzeichnend ist eine Arbeitsweise, die Merkmale eines dialogartigen oder interaktiven Vorgehens aufweist: Der jeweils nächstfolgende Bearbeitungsschritt baut auf dem vorhergehenden auf, indem dessen Ergebnis berücksichtigt wird. Berücksichtigt wird somit gewissermaßen die "Antwort" des Materials auf den jeweiligen Bearbeitungsschritt. Eine wichtige Rolle spielt hier auch das Experimentieren an der Maschine und damit verbunden das allmähliche Herantasten an ihre Leistungsfähigkeit.

An der konventionellen Werkzeugmaschine bezieht der Facharbeiter Informationen in erster Linie aus der unmittelbaren Beobachtung des Bearbeitungsprozesses. Durch die direkte Beobachtung erwächst **allmählich Erfahrung über die Planung, Ausführung und Kontrolle** von Arbeit an Werkzeugmaschinen. Was sich mehrfach als effektiv ausweist, gerinnt zu einem **Erfahrungsschatz (über Verfahrenswege, Werkzeugwahl, Vorschub- und Schnittgeschwindigkeiten, Rüstfolgen, u.a.)**.

An der CNC-Werkzeugmaschine ist der Facharbeiter auf die Informationen des Steuerpults angewiesen, z.B. durch alphanumerische Anzeigen oder grafische Darstellungen. Facharbeiter, die vor ihrer Tätigkeit an CNC-Werkzeugmaschinen an konventionellen Maschinen gearbeitet haben, deuten häufig auf diesen Sachverhalt hin, daß die herkömmliche Planung, Einrichtung und Kontrolle der Bearbeitungsprozesse einer Maschine etwas anderes sei als das Programmieren und Testen von Verfahrensweisen, z.B. in der Simulation ohne Maschine. Letzte "Sicherheit" stellt sich erst nach dem Maschinenlauf im Automatikbetrieb ein.

Die möglichst realistische grafische Darstellung (Simulation von Verfahrenswegen, bei der beispielsweise Werkzeuggeometrien (nicht nur Punkte) und Zerspanungsvorgänge (durch Subtraktion von Flächen) sichtbar sind, und die Teiledarstellung als Draht- oder Volumenmodell helfen zwar, "Sicherheit" hinsichtlich einer Kollisionsvermeidung zu gewinnen, decken aber nicht alle "Sicherheitsaspekte" ab, z.B. Modifikationen bei den Maschinenleistungen durch Temperaturveränderungen oder Veränderungen in den Materialeigenschaften.

Der Umgang mit Informationen am Steuerpult und die maschinellen Bearbeitungsvorgänge werden nicht mehr als ein gemeinsamer Arbeitsschritt erlebt, als Vorgang, der gleichzeitig eine informatorische wie auch mechanische Seite hat und durch den Kopf- und Handarbeit unmittelbar gekoppelt sind. Die daraus resultierende "Spannung", ob die Umsetzung von Informationen am Steuerpult auch genau die beabsichtigten Auswirkungen an der Maschine haben, bleibt an der CNC-Werkzeugmaschine grundsätzlich bestehen. Sie führt dazu, daß Facharbeiter bei der Programmierung und Optimierung von Maschinen häufig Gefühle von Sicherheit und Unsicherheit entwickeln: Es werden Programmabschnitte unterschieden, die sie für gesichert halten - von solchen - die als ungesichert eingeschätzt werden.. Bei "sicheren" Abschnitten wird im Stück vorgegangen, bei "unsicheren" werden die gedankliche Schritte kleiner.

Hinsichtlich der Maschinenüberwachung bei Programmlauf im Automatikbetrieb erhält die Arbeitskraft bei den gegenwärtig marktgängigen Maschinen keine technische Unterstützung. Da die Arbeitsräume der Maschine abgekapselt sind und Kühlschmiermittel keine Sicht zulassen, ist die Arbeitskraft auf eine Ersetzung visueller Wahrnehmung angewiesen. Hier gewinnt das Hören Bedeutung. Allerdings ist bei den miteinander gekoppelten Bearbeitungsvorgängen und engen Toleranzen eine auditive Überwachung nur begrenzt möglich. Zu prüfen wäre, ob eine Visualisierung von Körperschwingungen der Maschine oder Verstärkung von Geräuschen aus dem Arbeitsraum hier geeignete Instrumente zur Maschinenüberwachung schaffen.

Festzuhalten bleibt abschließend, daß die **Voraussetzungen zum Erwerb** und zur Nutzung von **Erfahrungswissen an CNC-Werkzeugmaschinen unvollkommen** sind. Für die **Erfahrungskette Programmieren, Optimieren, Einfahren** sind **förderliche Programmierverfahren** bekannt. Ihr breiterer Einsatz erfordert aber **neuer Formen der Arbeitsorganisation und Qualifizierung**. Für die **Erfahrungskette Maschinenüberwachung, Fehlersuche und Störungsbehebung** fehlt es sowohl an **technischen wie organisatorischen Voraussetzungen**. Erfahrungsgeleitete Arbeit kommt deshalb nicht in dem Umfang zum Zuge, wie es ihrem funktionellem Stellenwert entspräche. Dies bringt die **Gefährdung** mit sich, daß Bemühungen, den funktionellen Stellenwert zu sichern,

Die Analyse derartiger Belastungen von Mitarbeitern und Schwachstellen in den Arbeitsvollzügen eignet sich als quasi negativer Hintergrund für die Hervorhebung der Konturen erfahrungsgeleiteter Arbeit und förderlicher Bedingungen für die Erzeugung und Nutzung von Erfahrung in der Arbeitssituation.

Rechnergestützte Facharbeit in der Werkstatt hat erhebliche Bedeutung für die Sicherung flexibler Produktion. Es kommt deshalb darauf an, sich ihrer Voraussetzungen zu vergewissern. Erfahrungsgeleitete Arbeit hat hierbei Querschnittsfunktion.

4.1 Erwartete Effekte des CNC-Einsatzes in CAD-, CAM- und PPS-Umgebungen

Die Verbreitung von CNC-Technik und der Trend zur rechnerintegrierten Fertigung sind Reaktionen auf tiefgreifende Marktveränderungen seit Anfang der 70er Jahre. Sie lassen sich vereinfacht ausgedrückt als Wandlung vom Verkäufermarkt zum Käufermarkt beschreiben (vgl. u.a. M. J. Piore und Ch. F. Sabel, 1985, Lit. G).

Große Produktionsmengen ein- und desselben Typs werden durch kleine Mengen abgelöst, die Produktlebensdauer geht erheblich zurück, die Betriebe stehen vor zunehmenden Diversifikationsproblemen (vgl. u.a. G. Spur, 1983 und H.J. Warnecke, 1985, Lit. G).

Aus diesem Wandel des Marktes ergibt sich die Forderung, die Fabrik so zu gestalten, daß sie in der Lage ist, bei hoher Flexibilität der Produktion eine hohe Qualität der Produkte mit hoher Effizienz bei kurzen Auftragsdurchlaufzeiten sicherzustellen.

Die Realisierung dieser Zielgrößen erfordert die Einführung integrierter Fertigungsstrukturen, die Verringerung der Komplexität von Fertigungs- und Montageabläufen und die Flexibilisierung der gesamten betrieblichen Organisation, bei gleichzeitigem Einsatz moderner Technologien (vgl. u.a. W. Maßberg, 1987, S. 12, Lit. G).

Zur Erfüllung der Qualitäts-, Zeit-, Flexibilitäts- und Kostenziele hat die Werkstatt direkte selbstregulierte und indirekte fremdregulierte Beiträge für die Fertigung von Werkstücken zu leisten.

Wie P. Brödner (1985, Lit. G) hervorhebt, stehen sich hinsichtlich der "Fertigungsphilosophie", wie die Zielbeiträge der Werkstatt erbracht werden sollen, zwei unterschiedliche Standpunkte gegenüber.

Auf der einen Seite wird **eine Strategie weitgehender Automatisierung** produkt- und auftragsbezogener Funktionen der betrieblichen Informationsverarbeitung und ihrer

unterbleiben und damit **die Voraussetzungen für eine Förderung erfahrungsgeleiteter Arbeit in Zukunft noch weiter sinken.**

Es steht zu befürchten, daß die informatorische Einbindung von CNC-Technik in CAD, CAM und PPS-Umgebungen die Probleme des Erfahrungserwerbs und der Erfahrungsnutzung nicht auflösen und ohne ausdrückliche Berücksichtigung noch verschärfen, da die Arbeit z.B. am zentralen Leitstand und Programmierplatz außerhalb der Werkstatt fern vom Geschehen liegt, das Erfahrungen wachsen läßt. Anstatt neue Formen des impliziten Erfahrungswissens entstehen zu lassen, käme nur explizites Erfahrungswissen, das sich technisch vermitteln läßt z.B. durch Expertensysteme zur Anwendung. Damit bliebe das menschliche Potential Arbeit, durch implizites Erfahrungswissen, zu leiten unberücksichtigt. **Kapitalintensität und Koordinierungsaufwand** müssen dann **steigen**, um die mit Hilfe implizierter Erfahrung geleistete Funktion für flexible Produktion ausgleichen zu wollen. Der hier erläuterte Forschungsansatz geht davon aus, daß der erhebliche Finanzierungsaufwand und die aufgrund komplexer Koordinierungsbemühungen zu erwartenden zusätzlichen Reibungsverluste nicht nötig sind, um Effekte zu erzielen, die durch Berücksichtigung erfahrungsgeleiteter Arbeit weniger aufwendig möglich sind.

Mit dieser Perspektive erscheint es sinnvoll, sich die möglichen Auswirkungen der Ausblendung erfahrungsgeleiteter Arbeit bei rechnergestützter Fertigung noch eindringlicher zu verdeutlichen, um so die Problemlage schärfer zu fassen, und auf dieser Betrachtung aufbauend eine Rückbesinnung auf erfahrungsgeleitete Arbeit vorzunehmen. Dafür ist der nächste Abschnitt vorgesehen.

IV. **Notwendige Rückbesinnung auf die Bedeutung erfahrungsgeleiteter Arbeit bei rechnergestützter Fertigung**

Da die Diffusion der CNC-Technik noch nicht abgeschlossen und der CNC-Einsatz in CAD,-CAM und PPS-Umgebungen erst am Anfang steht, können die Auswirkungen einer Ausblendung erfahrungsgeleiteter Arbeit bei rechnergestützter Fertigung auch noch nicht in vollständig erfaßt werden.

Nichtsdestoweniger geben die gegenwärtig vorliegenden Erkenntnisse über die Ausblendung erfahrungsgeleiteter Arbeit bei CNC-Einsatz und bei Einsatz von CAM und PPS-Systemen bereits genügend Hinweise, so daß mögliche Auswirkungen hinsichtlich Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter und Steuerungsfähigkeit der Arbeitsvollzüge abgeschätzt werden können.

Koppelung **auf der Grundlage integrierter Rechnersysteme empfohlen**. In der Mehrzahl der Realisierungen ergibt sich daraus eine Konzentration von Wissen und Kontrolle in zentralen Einrichtungen und bei einigen besonders qualifizierten Fachkräften. Die direkten Beiträge der Werkstatt sind auf das Korrigieren von Programmen und die Maschinenbedienung beschränkt. Für die indirekten Beiträge sind überwiegend Planvorgaben von anderer Stelle exakt auszuführen.

Dieser Sichtweise steht ein **anderes Strategiekonzept** gegenüber, **das mehr auf die Integration von Arbeitsaufgaben in dezentralen Betriebseinheiten setzt**, die untereinander für die jeweiligen Hauptaufgaben rechnergestützt spezifizierte Informationen austauschen. Zentralen und dezentralen Betriebseinheiten sind bei dieser Strategie funktionale Kompetenzen zugeordnet. Die erwarteten direkten Beiträge der Werkstatt sind erheblich höher. Es werden Beiträge auch zur Erfüllung übergreifender Funktionen abverlangt, zur Programmierung der Maschinen, für die Qualitätssicherung und für die Auftragsabwicklung. Indirekte Beiträge beziehen sich auf die Erfüllung von Planvorgaben, die nicht in der Werkstatt korrigiert werden können, und auf die Rückmeldung selektierter Daten.

Beide Strategien beziehen den Aspekt erfahrungsgeleiteter Arbeit unterschiedlich ein. Im ersten Falle kommt nur diejenige Erfahrung zum Einsatz, die in der Entwicklung für die Technologie enthalten ist. Darüber hinaus wird Erfahrung im Umgang mit der Technologie nur bei einigen Fachkräften gewonnen, die mit dieser Aufgabe betraut sind. Die Erfahrung beruht auf der Beobachtung von Effekten des Systemeinsatzes. Der Horizont der Erfahrung ist durch die Systemgrenzen und die Qualität der Abbildung realer Prozesse abgesteckt.

Im zweiten Falle kommen zu den vorgenannten Erfahrungen einige weitere hinzu. Sie ergeben sich aus der Dekonzentration der Kompetenzen und der Kontrolle. An verschiedenen Stellen werden Erfahrungen über die eingesetzten Systeme gesammelt. Darüber hinaus werden Bewertungen über Prozesse prozeßnäher vollzogen. Die Zuverlässigkeit und Aktualität bewerteter Prozeßzustände ist deshalb größer, was wiederum Konsequenzen für die Genauigkeit der Planung und Kontrolle hat.

Das **zweite Strategiekonzept empfiehlt sich** zumindest überall **dort, wo in einem Arbeitsbereich hohe Flexibilität bei gleichzeitig vermehrtem Auftreten unvorhersehbarer Planabweichungen und Störungen gesichert werden muß**. Die Reaktionsgeschwindigkeit zur Ergänzung unvollkommener Planvorgaben (z.B. durch Optimierung von Programmen) und zur Behebung von Planabweichungen (z.B. hinsichtlich Umrüstens infolge kurzfristiger Verschiebung von Auftragsprioritäten) wird über hinaus in

der Regel um so höher sein, je mehr Erfahrungen durch unmittelbare Zustandsbewertung und direkte Eingriffe in Bearbeitungsvorgänge von Betriebsmitteln gemacht werden konnten.

Bei der ersten Strategie der Konzentration von Kompetenzen und Kontrolle bedarf es zumindest zusätzlicher Experten für diese Aufgaben, die entsprechende Erfahrungen an die planenden Instanzen weitergeben oder in dezentral zugängliche Expertensysteme eingeben.

Bei der zweiten Strategie ist der **Erwerb neuer Erfahrungen aus der Prozeßbeobachtung** den Mitarbeitern auch **direkt möglich. Im Erfahrungsaustausch untereinander ergeben sich weitere Gelegenheiten, Erfahrungen zu sammeln.**

Insbesondere für den Betrieb, der kunden- und marktnah auf eine rasche Durchsetzung von Innovationen angewiesen ist, wird die Sicherung und Ausschöpfung aller hier genannten Erfahrungspotentiale existenznotwendig.

Für diese Auffassung sprechen vor allem die im Folgenden skizzierten Befunde über Auswirkungen der Ausblendung erfahrungsgeleiteter Arbeit bei Einsatz von CNC und weiteren eingesetzten Systemkomponenten rechnergestützter Fertigung.

4.2 Mögliche gegenläufige Auswirkungen durch Ausblendung erfahrungsgeleiteter Arbeit hinsichtlich Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter und Steuerungsfähigkeit der Arbeitsvollzüge

Längsschnittuntersuchungen über mehrere Jahre hinsichtlich Schwachstellen und Belastungen bei der Arbeit an CNC-Werkzeugmaschinen und in rechnergestützten CAM-Systemen liegen noch nicht vor.

Gegenwärtig sind lediglich einige Einzelstudien bekannt. Dazu gehören:

- Erfahrungsberichte über qualitative Interviews und Befragungen im Rahmen von Technologieberatung einiger mittlerer und kleinerer Betriebe (vgl. H. Rose, 1981, 1984, Lit. B. U. Klotz, 1984; A. Scholz, 1982, Lit H);
- Ergebnisberichte über eine breite, allerdings nicht repräsentative Befragung von Arbeitnehmern (vgl. hierzu P. Gassmann 1986 ,Lit. E. U. Blum 1987, Lit H);

- Forschungsberichte über Befragungen in ausgewählten Betrieben (vgl. S. Greif 1984, U. Pröll und W. Streich 1984, K. Leitner, 1987, R. Failmezger und G. Urban 1988, Lit. E. F. Böhle und B. Milkau 1988, Lit. B);
- Forschungsberichte über qualitative Interviews mit einem oder mehreren Arbeitskräften eines Betriebes (vgl. E. Hildebrandt 1980, H. Witt 1988, Lit. B);
- Forschungsberichte über Schwachstellen des wirtschaftlichen Einsatzes von CNC-Werkzeugmaschinen (vgl. G. Lay, u.a. 1983, 1986); sowie beim Einsatz von Systemen flexibler Fertigung (vgl. u.a. R. Shah, 1985, G. Lay 1985, J. Fix-Sterz/G. Lay/R. Schultz-Wild, 1986, H.P. Wiendahl/G. Springer 1986, R. Schultz-Wild 1986, Lit. G);
- Erfahrungsberichte aus der Betriebspraxis (vgl. u.a. R. Ammon, 1986, H.H. Moll, 1986, Lit. H);
- Erfahrungsberichte aus verschiedenen Ländern (vgl. u.a. S. Aguren/J. Edgren 1983, R. Shah 1987, Lit G);

Alle Berichte stimmen darin überein, daß **bei der auf Bedienfunktionen eingeschränkten Arbeit an CNC-Werkzeugmaschinen** und in CAM-Systemen **erhöhte Belastungen im psychomentalen Bereich** auftreten können.

Als belastende Arbeitsbedingungen gelten: störende Umgebungseinflüsse (wie insbesondere Lärm, die Wirkung von Kühlschmiermitteln und eine nicht ergonomisch orientierte Ausstattung von Anlagen); geringe arbeitsbezogene Kommunikation, monotone Arbeitsvorgänge; ständiger Zeitdruck; Unter- und Überforderung; unablässig notwendige auf wenige Signale und Anzeigen ausgerichtete Aufmerksamkeit; nur geringe Einflußnahme auf die Arbeitsabläufe (vgl. insbesondere R. Failmezger/G. Urban 1988, Lit. E).

Je nach CNC-Einsatzbereich, technischer Ausstattung und Organisationskonzept regulieren die in CNC-Arbeitsstrukturen tätigen Arbeitskräfte ihr Arbeitshandeln auf ganz unterschiedlicher informatorischer Grundlage. Generell gilt, daß nur dann, **wenn sichergestellt ist**, daß Technik und Organisation es ermöglichen, **die Wirkungen eigener Entscheidungen und Handlungen zu erfahren, der Aufbau und Erhalt von erfahrungsgeleitetem Wissen gefördert** wird. Vor diesem Hintergrund sind technisch-organisatorische Strukturen, die planerisch-dispositive Tätigkeiten von ausführenden trennen, weder geeignet, bei dem, der die Entscheidungen trifft, Erfahrungen zu erzeugen, noch bei dem, der nur ausführt.

Dies trifft für "CNC-Werkzeugmaschinen-Arbeitsplätze" insbesondere bei arbeitsorganisatorischen Konzeptionen zu, bei denen der planerische Tätigkeitsanteil (das NC-Programmieren) zeitlich und räumlich von der Werkzeugmaschine entfernt in zentralen Arbeitsvorbereitungsbereichen oder gar in Konstruktionsbereichen erfolgt und eine Rückmeldung über die Wirkungen dieses planerischen Handelns allenfalls eingeschränkt beim Einfahren der NC-Programme an der Maschine erfolgt oder neuerdings, noch eingeschränkter, durch Simulation des NC-Programmablaufs auf einem Graphikbildschirm. Vor allem bei den sich derzeit schnell wandelnden Möglichkeiten CNC-technischer Fertigung ist bei der durch diese Organisationsform bedingten Einschränkung der Aktualisierung des Fertigungswissens des NC-Programmierers die Gefahr gegeben, daß dieses Erfahrungswissen schnell "veraltet".

Die **Entwicklungen in der Produktionstechnik** gehen in die **Richtung einer zunehmenden Komplexität der Fertigungssituationen**; die **Vielfalt der zu bearbeitenden Werkstoffe** nimmt ebenso zu wie die **Vielfalt verfügbarer (Spezial-)Werkzeuge und spezieller Maschinen- und Steuerungsfunktionen**. Mit der Nutzung dieser technischen Möglichkeiten durch die Konstrukteure ist eine zunehmende Komplexität der mit spanenden und trennenden Bearbeitungsverfahren erzeugten Werkstücke verbunden, bei deren Herstellung **Bearbeitungssituationen** auftreten, die mit **"standardisiertem Erfahrungswissen"**, das z.B. in Form von DV-Auswahltabellen oder in "Zerspan-Programm-Makros" teilweise einer automatisierten Nutzung zugänglich ist, **nicht mehr beherrscht** werden können. Eine optimale Nutzung flexibler Fertigungsmöglichkeiten dazu, in einer aktuellen Fertigungssituation Anpassungen an aktuelle Gegebenheiten vornehmen zu können (Verfügbarkeit von Maschinen, Vorrichtungen, Werkzeugen, Bearbeitungsmakros, CAD-Daten, NC-Programme etc.), kann nur dann gelingen, wenn der Arbeitsplaner die vielfältigen technischen Möglichkeiten der Fertigung kennt und durch geeignete Arbeitsorganisationsformen in die Lage versetzt wird, seine Planung zeitlich nahe dem vorgesehenen Produktionszeitpunkt vornehmen zu können. Eine Zentralisierung und Vergrößerung des zeitlichen Abstands zwischen Fertigungsplanung und Teileproduktion bedeutet entweder eine Erhöhung des Planungsaufwands, die nur durch umfangreiche DV-Unterstützung mit der dazugehörigen Notwendigkeit umfassender Betriebsdatenerfassung und Abbildung der komplexen Fertigungsressourcen in einem DV-Modell machbar erscheint, oder aber den Verzicht auf eine optimale Nutzung der Fertigungsflexibilität durch eine mehr oder weniger festgeschriebene Standardisierung der Fertigungsabläufe. Letzteres würde aber bedeuten, daß weder die Beschäftigten der Fertigung selbst noch der im zentralen Bereich angesiedelte Fertigungsplaner die Möglichkeit hat, durch Nutzung der vielfältigen Fertigungsmöglichkeiten Erfahrungswissen aufzubauen und zu aktualisieren.

Wo Strukturen dieses Sammeln von Erfahrungen nicht mehr zulassen, entfällt mittelfristig das Rekrutierungspotential für spezialisierte Fertigungsplaner und NC-Programmierer. Gleichzeitig sinkt auch das Know-how in der Werkstatt. Eine Abkehr von Zentralisierungskonzepten wird somit zwar immer nötiger, aber gleichzeitig auch immer schwerer.

Die Durchschaubarkeit des CNC-Bearbeitungsprozesses sinkt mit steigender zeitlicher und räumlicher Distanz zwischen Disposition und Ausführung wie auch mit steigender Komplexität automatisiert ablaufender Dispositionsvorgänge. Wo die in vernetzten und integrierten Abläufen potentiell sehr weitreichenden Konsequenzen von Programmeingriffen immer schwerer zu überschauen sind, werden korrigierende und optimierende Eingriffe immer weiter eingeschränkt werden.

Die dem Maschinenarbeiter zur Verfügung stehenden Informationsmöglichkeiten zur Erfüllung solcher Aufgaben sind zwar zunehmend alphanumerisch oder graphisch aufbereitete Anzeigen zum Maschinenzustand, doch sind nach wie vor auch direkt an den Bearbeitungsprozeß gebundene Sinneswahrnehmungen wie Geräusche, Geruch, Farbwahrnehmungen, Beobachtung von Werkzeug, Werkstückbewegungen Spanabfuhr, Oberflächenveränderungen von Werkstücken etc. eine wichtige Entscheidungsgrundlage für derartige Eingriffe.

Alle diese Überlegungen sprechen für eine arbeitsorganisatorische Zuordnung der NC-Programmierungsfunktion zum Maschinenarbeiter und zur Forderung, daß hierfür die technischen und organisatorischen Voraussetzungen geschaffen werden müssen.

Erfolgen Programmerstellung und Kapazitätsplanung ausschließlich zentral, z.B. in der Arbeitsvorbereitung, so **entstehen** in Betrieben, die in kleinen Losgrößen und häufig Einzelteile fertigen, **Engpässe hinsichtlich der Flexibilität**.

Programmierziten und Rüstzeiten sind dann in der Regel höher, als dies bei Werkstattprogrammierung und Maschinenauslastung vor Ort sein kann. Für die Optimierung von Programmen haben die Facharbeiter Erfahrungswerte aus dem alltäglichen Umgang mit verschiedenen Werkstoffen und Werkzeugen an der Maschine.

Auf der Basis empirisch ermittelter Werte für die Fertigungskosten von 15 Werkstücken der Klein- und Mittelserienfertigung mit einfacher bis mittlerer geometrischer Komplexität bei unterschiedlichen Arbeitsorganisationsformen (Programmierung in der Werkstatt, Programmierung in der Arbeitsvorbereitung) und einer sich daran anschließenden Sensitivitätsanalyse der wesentlichen betrieblichen Parameter zur Absicherung der Stabilität der ermittelten Werte zeigte bsp. eine Untersuchung des ISI (vgl. G. Lay,

et. al. 1983 Lit. H), daß die Werkstattprogrammierung an der Werkzeugmaschine bei komfortablen CNC-Steuerungen einer rechnerunterstützten zentralen Programmierung in der Arbeitsvorbereitung wirtschaftlich überlegen ist.

Diese Überlegenheit war bereits dann gegeben, wenn die Programmierung in vollem Umfang Maschinenstillstandzeiten verursachte (unter der Voraussetzung, daß der damit verbundene Kapazitätsausfall keine Folgewirkung hat, die Maschine also keine "Engpaßmaschine" ist). Konnte ganz oder teilweise parallel zur laufenden Maschine programmiert werden, nahmen die wirtschaftlichen Vorteile der Werkstattprogrammierung weiter zu. Der Programmierkomfort, den die CNC-Steuerung bietet, war ein wesentlicher Faktor für die Wirtschaftlichkeit einer dezentralen Programmierung in der Werkstatt. Ein weiterer wichtiger Faktor waren die kürzeren Programmanlaufzeiten, die sich ergeben, wenn das Erstellen des NC-Programms und das Einfahren eben dieses Programms - wie bei der Werkstattprogrammierung gegeben - personell in einer Hand liegen. Je nach Werkstück kann bis zur Hälfte der Zeit eingespart werden.

Fünf Jahre später bestätigt R. Ammon beim Vergleich der Programmierung in Arbeitsvorbereitung und Werkstatt diesen Befund, daß sich die Werkstattprogrammierung bei bedienerfreundlichen Steuerungen mit grafisch interaktiver Eingabe und dynamischer Simulation für Wiederholaufträge als wirtschaftlicher erweist, da die Einfahrzeit sinkt (vgl. R. Ammon, 1988, S. 87, Lit. H).

Bei einem Vergleich von Störungen in der konventionellen Fertigung und in flexibel automatisierten Produktionsanlagen kommen H.P. Wiendahl und G. Springer (1986, S. 95, Lit. G) zu dem Ergebnis, daß **in automatisierten Fertigungsanlagen häufiger Störungen** auftreten als bei herkömmlicher Werkstattsteuerung. Außerdem sind die Auswirkungen viel gravierender, da hier die **ablaufbedingten Wegezeiten** in der Größenordnung der Bearbeitungszeit liegen und **nicht durch Fertigungsbestände abgepuffert werden können**. Beim Ausfall einer Anlagenkomponente verlängert sich die Bearbeitungszeit im einfachsten Fall um die Zeitdifferenz zwischen Ausfall und Wiederanlauf. Beim Ausfall von Engpaßkomponenten kann es jedoch zu Folgeausfällen an den Bearbeitungsmaschinen kommen, die ein Vielfaches des ursprünglichen Ausfall ausmachen.

Eine Analyse der **Störungen** zeigt, daß sie **überwiegend im Bereich bis zu 10 Minuten** liegen und **vom Anlagenpersonal behoben** werden. Bei den untersuchten Anlagen trat im Mittel jede Stunde eine technische Störung auf. Der **Gesamtnutzungsgrad** der Anlage ist **von der Qualifikation des Bedienpersonals** für Entstörungen **abhäng**.

Die hier kurz dargestellten Ergebnisse über Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit von CNC-Einsatz und CAM-Anwendungen zeigen, daß die optimale Nutzung der Anla-

gen und die Beseitigung von Störungen an der Maschine als wichtige Aufgaben mit zunehmender Bedeutung für die Flexibilität in der Werkstatt anzusehen sind. Darüber hinaus bedarf es der Qualifikation, um bei notwendigen Eildurchläufe möglichst rasch reagieren zu können. Programmierung, Optimierung, Maschinenüberwachung und Qualitätssicherung sind dann anteilig vor Ort vorzunehmen.

Auch hinsichtlich der Schwachstellen und Belastungen durch rechnergestützte Planungs- und Steuerungssysteme in der Fertigung liegen keine mehrjährigen Längsschnittuntersuchungen vor.

Grundlegende Aufschlüsse über den Einsatz einzelner Systemkomponenten lassen sich erst ansatzweise in Einzelstudien finden. Dazu gehören:

- Erfahrungsberichte über qualitative Interviews und Befragungen im Rahmen von Technologieberatung (vgl. H. Rose 1986, 1987, D. Scholz und G. Schrick 1987, Lit. G);
- Forschungsberichte über Befragungen zu Belastungen in ausgewählten Betrieben (vgl. hierzu F. Manske und W. Wobbe-Ohlenburg, 1984 und 1987, Lit. G);
- Forschungsberichte über Untersuchungen betrieblicher Schwachstellen (vgl. u.a. H.J. Pabst, 1985, H. P. Wiendahl 1986, H. U. Förster/A. Syska 1986, H. Hoff 1987, R. Hackstein/M. Strack 1987, Lit. G);
- Erfahrungsberichte über Konzepte und ihre Umsetzung in verschiedenen Ländern (vgl. u.a. D. Schunk, 1987, L. Eliasson/K.D. Fröhner/B. Schmager 1988, Lit. G).

Alle Berichte stimmen darin überein, daß die **Feinplanung und -steuerung in der Werkstatt mit übergreifenden zentral ausgelegten EDV-Systemen nicht genügend transparent und flexibel** erfolgen kann, insbesondere nicht bei kleinen Losgrößen und Typenvielfalt der Produkte. In der Folge des Einsatzes derartiger Systeme kommt es zu **"Spannungen" des Werkstattpersonals untereinander sowie mit anderen Abteilungen infolge überlappender Zuständigkeitsbereiche, systemmäßig vorgenommener Zuordnungen von Verantwortlichkeiten** (z.B. für Ergebnisse, Störungen und zusätzliche Kostenverursachung) **und unmittelbarem Entscheidungsverhalten** des Werkstattpersonals zwecks Sicherung der Arbeitsabläufe aus ihrer Sicht. Diese "Spannungen" sind Quelle für psychomentele Belastungen, die beim Facharbeiter zusätzlich zu den Belastungen durch die Arbeit an den Maschinen auftreten können.

Für ein Maschinenbauunternehmen mit Einzel- und Kleinserienfertigung hat H.J. Pabst bereits 1985 eine eingehende betriebswirtschaftliche Analyse der Anwendung eines

deterministisch arbeitenden zentral ausgerichteten PPS-Systemen ohne laufende Rückmeldung aus der Werkstatt durchgeführt. Er kommt zu dem Schluß, daß die unbefriedigenden betriebswirtschaftlichen Ergebnisse nicht auf einem terminlich und/oder kapazitativ unausgewogenen Auftragsbestand, sondern überwiegend auf Unzulänglichkeiten des Planungs- und Steuerungssystems zurückzuführen sind (vgl. H.J. Pabst, 1985, S. 156 ff).

Die Auftragsfreigabeplanung des betrachteten marktgängigen Systems war für eine aktuelle Steuerung des Werkstattbestandes und die Arbeitsgangterminierungen waren für die aktuelle Steuerung der Arbeitsgangsreihenfolge untauglich. Darüber hinaus wurde durch eine Vielzahl von in ihren Konsequenzen nicht mehr überschaubaren Programmparametern die Transparenz des Planungsprozesses eingeschränkt.

Die Gründe hierfür liegen darin, **daß derartige PPS-Systeme sukzessiv arbeiten. Jedes Planungsergebnis wird als kaum mehr zu revidierende Eingangsgröße des nächsten Planungsschrittes behandelt.** Die marktgängigen Systeme arbeiten in wichtigen Funktionen häufig batch-orientiert und bieten längst nicht alle die Möglichkeit, Stücklisten aktuell im Dialog aufzulösen und eine sofortige Verfügbarkeitskontrolle, verbunden mit Materialreservierungen und Kapazitätsbelegungen, durchzuführen. Außerdem verwenden die marktgängigen Systeme zumeist Vorlauf und Übergangszeiten zur Terminierung im Rahmen der Material- und Zeitwirtschaft, die **die aktuelle Ist-Situation nur unzureichend** abbilden (vgl. u.a. H. Hoff, 1987, Lit. G).

Nach einer Untersuchung von R. Hackstein in 38 Betrieben über die Effizienz der Werkstattsteuerung sind die Kosten dafür in jenen Betrieben besonders gering, in denen die Werkstattsteuerung überwiegend dezentral organisiert ist. (vgl. R. Hackstein/M. Strack, 1987, S. 80, Lit. G).

Auch wenn gegenwärtig verbesserte Planungsverfahren wie die belastungsorientierte Auftragsfreigabe zur Verfügung stehen, **reicht ihr Einsatz** in zentral ausgelegten PPS-Systemen nicht aus, **allen praktisch vorkommenden Planabweichungen zur flexiblen Einzel- und Kleinserienfertigung zu entsprechen.** Die Zukunft auf dem Gebiet rechnergestützter Planungs- und Steuerungssysteme (für derartige Fertigung) liegt deshalb in einer **feinen Abstufung von übergeordneter Grobplanung** in zentralen Bereichen und **Feinststeuerung in dezentralen Bereichen** (vgl. u.a. K. Adena und G. Meisel, 1985, Lit. G).

Besonderer Arbeitserfahrung bedarf es im Rahmen der Anwendung von PPS bei der **Optimierung von mehreren Parametern**, z.B. der **Bündelung von Arbeitsgängen** zur Senkung von Umrüstkosten, **besserer Ausnutzung von Transporteinheiten** oder einer

günstigeren Lagerentnahme, bei der **Regulation von Planabweichungen** und bei der **Einplanung von Eildurchläufen** (vgl. A.W. Scheer, 1987, S. 86, Lit. G).

Wie die vorgenannten Befunde belegen, schränkt die Ausblendung erfahrungsgeleiteter Arbeit die Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter und die Voraussetzungen für die Steuerungsfähigkeit von Arbeitsvollzügen ein. Es muß von Einbußen hinsichtlich der Qualitäts-, Zeit-, Flexibilitäts- und Kostenziele bei kleineren Losgrößen und kurzen Planungshorizonten ausgegangen werden. Sollen in Zukunft derartige gegenläufige Auswirkungen vermieden werden, kommt es darauf an, Technikentwicklung und -anwendung im Sinne der Förderung erfahrungsgeleiteter Arbeit zu gestatten. Als Grundlage hierzu bedarf es weiterer Klärung des Begriffs der erfahrungsgeleiteten Arbeit.

4.3 Versuch zur Klärung des Begriffs der erfahrungsgeleiteten Arbeit und seiner Anwendung bei rechnergestützter Fertigung

Erfahrungen sind für die effektive Arbeit mit rechnergestützten Werkzeugmaschinen und Fertigungssystemen keine technisch ersetzbare Restgröße. Sie sind für Programm- bzw. Planoptimierungen, Zustands- und Störungsbewertungen sowie reaktionsschnelles Korrigieren und Manipulieren unverzichtbar. Das bei der Arbeit erwarbene hierfür notwendigen Erfahrungswissen bleibt zumeist "unausgesprochen", es wird implizit in einer Handlung angeeignet.

Es macht im entscheidenden Moment am richtigen Ort genau die Menge an Informationen und das Repertoire von Handlungsoperationen verfügbar, die für die Absicherung des Fertigungsprozesses notwendig sind. Expertensysteme als technische Instrumente, die gesammelte Erfahrung früherer Perioden zugänglich zu machen, können hierbei allenfalls unterstützend wirken. Ihre Anwendung enthebt jedoch nicht der Notwendigkeit, zugrundegelegte Annahmen und grundlegende Schlußfolgerungen durch eigenes Tun zu erkennen und nachzuvollziehen.

Damit grenzt sich der hier verwendete Begriff des Erfahrungswissens von anderen Gebrauchsdefinitionen ab, die kurz angesprochen werden sollen.

Weit verbreitet ist die Vorstellung, daß **Erfahrungswissen eine Vorstufe der theoretisch-wissenschaftlichen Erkenntnis** ist. Es gilt demnach als weniger zuverlässig und leistungsfähig. In diesem Zusammenhang wird Erfahrungswissen oft mit "Alltagswissen" oder "praktischen Handlungsregeln" gleichgesetzt. Es wird nicht bestritten, daß ein solches Wissen praktisch nützlich ist und sinnlich-praktische Erfahrungen eine wichtige Grundlage und Ergänzung der wissenschaftliche Analyse und Erkenntnis sind;

jedoch wird ihnen nur ein begrenzter Wirkungs- und Anwendungsbereich zugesprochen. Entscheidend für diese Einschätzung ist: Exakte, zuverlässige und objektiv richtige Kenntnisse der Praxis sind nur dann gewährleistet, wenn sinnlich-praktische Erfahrungen wissenschaftlich analysiert, systematisiert und begründet werden. Erfahrungswissen kann (und muß!) dementsprechend durch wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse verbessert, korrigiert und schließlich ersetzt werden. Die Überlegenheit wissenschaftlicher Erkenntnis ergibt sich in dieser Sicht vor allen aus der intellektuellen Analyse sinnlich-praktischer Erfahrungen und der "Objektivierung" von Wissen (vgl. G. Böhme, 1985, und D. Hoffmann-Axthelm 19889, Lit. B).

In der betrieblichen Praxis ist für dieses Verständnis von Erfahrungswissen charakteristisch: Gefühl für das Material oder die Orientierung am Geräusch der Maschine werden zwar als wichtige Bestandteile des Erfahrungswissens von Facharbeitern angesehen; es wird aber davon ausgegangen, daß sie grundsätzlich durch naturwissenschaftlich-technische Verfahren und objektivierbare Daten ersetzbar sind; soweit dies aktuell nicht der Fall ist, wird bestenfalls dies als eine Frage der Zeit (bzw. der Entwicklung) angesehen. Die Entwicklung und Anwendung von Expertensystemen; ebenso die Bestrebungen zur (vollständigen) Erfassung konkreter betrieblicher Abläufe in objektivierbaren Daten und ihre Darstellung als mathematische Zusammenhänge sind maßgeblich von einer solchen Vorstellung geleitet.

Ebenfalls weit verbreitet ist ein Verständnis von Erfahrungswissen im Sinne eines Einübens und der praktischen Erprobung von Handlungsvollzügen. So spricht man z.B. davon, daß für die Bewältigung bestimmter Arbeitsaufgaben theoretische Kenntnisse (z.B. Fachwissen) allein nicht ausreichen, und nur durch zusätzliche praktische Erfahrungen eine Sache beherrscht wird. Erfahrungswissen bezieht sich nach diesem Verständnis vor allem auf die praktische Aus- und Durchführung von Arbeitstätigkeiten. Entsprechend wird es auch oft im Unterschied zum Planungswissen bzw. der Planung und Entwicklung von Handlungszielen gesehen. Erfahrungswissen ist hier vor allem ein Wissen darüber "wie" etwas praktisch durch- und ausgeführt wird. Dabei wird **unterschieden zwischen einer primär intellektuell geleiteten Planung** einerseits und der **sinnlich-praktischen Ausführung** andererseits. Seinen Ausdruck in der betrieblichen Praxis erhält dies z.B. in der weit verbreiteten Gleichsetzung von "geistiger" Arbeit mit planenden sowie dispositiven Tätigkeiten und "körperlicher" Arbeit mit einer primär ausführenden Tätigkeit.

In den Arbeitswissenschaften und der Arbeitspsychologie werden sinnlich-praktische Erfahrungen (wie z.B. Orientierung am Geräusch der Maschine, Gefühl für Material) zumeist den sog. sensumotorischen Fertigkeiten zugeordnet. Dabei werden z.B. im Rahmen der Konzepte zur psychischen Regulation von Arbeitstätigkeiten - sensumo

torische Fertigkeiten der untersten Ebene der Handlungsregulation zugerechnet, die durch kognitiv-rationale Prozesse überformt und gesteuert wird; ist letztes nicht der Fall, handelt es sich entweder um primär physiologisch-mechanisch ablaufende Prozesse oder um Sedimente ehemals kognitiv -rational gesteuerter Arbeitsvollzüge (Habitualisierung) (vgl. W. Hacker, 1986, S. 355, Lit. D).

Mit dem Konzept der Handlungsregulation wurde in der arbeitspsychologischen Forschung die rein "kognitive" Psychologie erweitert. Gegenstand der arbeitspsychologischen sind hier somit nicht nur "geistige Operationen sondern gerade auch praktische Handlungen und Bewertungen" bzw. die "psychische Regulation praktischer Handlungen". (vgl. W. Hacker 1986, S. 360, Lit. D). Gegenüber der kognitiven Psychologie ist dies - für das Verständnis konkreter Arbeitstätigkeiten - ohne Zweifel eine wichtige Erweiterung. Es erfolgt jedoch auch hier eine hierarchische Unterordnung "sinnlich-praktischer" Erfahrungen unter begrifflich-perzeptive und intellektuelle Regulationsvorgänge bzw. eine Unterordnung unter die Planung und Zielentwicklung.

Dieses Verständnis von sensumotorischen Fertigkeiten ist sehr stark geprägt durch das zuvor skizzierte Verständnis sinnlich-praktischer Erfahrungen entweder als Vorstufe wissenschaftlich intellektueller Erkenntnis oder als praktische Ausführung eines primär intellektuell geplanten und gesteuerten Handelns.

Die kurz skizzierten Auffassungen erfassen die tatsächliche Bedeutung von Erfahrungswissen auf der Basis sinnlich-praktischer Wahrnehmung nur unzulänglich. **Implizites Erfahrungswissen ist dem theoretisch-wissenschaftlichen Wissen weder grundsätzlich unterlegen, noch läßt es sich hierdurch vollständig ersetzen; ferner beschränkt es sich auch nicht auf die bloße praktische Durch- und Ausführung von Handlungen. Implizites Erfahrungswissen ist vielmehr ein eigenständiger Wissensmodus, der sich zu theoretisch-wissenschaftlich gewonnenen Erkenntnissen komplementär verhält,** und der sowohl für die Planung wie auch konkrete Durchführung praktischen Handelns in gleicher Weise von Bedeutung ist (vgl. hierzu die Diskussion auf dem Workshop "Erfahrungswissen in modernen Produktionssystemen - verschwindender Rest oder notwendiger Bestandteil?" des Projektträger Fertigungstechnik in Karlsruhe, H. Rudolf u.a. 1988, Lit. B).

Erwerb und Nutzung von Erfahrungswissen bei der Arbeit stehen in unmittelbarem Zusammenhang. Der Prozeß der Wissenstransformation ist dabei kreislaufförmig. Erzeugung, Überprüfung, Erprobung und Einpassung bzw. Umformung von Erfahrungswissen stellen einen zyklischen Vorgang dar, der in verschiedenen psychomentalen Zusammenhängen mit einem charakteristischen Medium vollzogen wird. Implizite Er-

fahrung geht aus von einem Erleben, das sie reflektierend mit dem Wissen von seinen Hintergründen und Zusammenhängen verbindet"(vgl. R. z. Lippe, 1987, S. 339, und M. Polanyi, 1985. S. 118 f., Lit. B). Das derart erworbene Erfahrungswissen stellt einen individuellen Bestand dar.

Charakteristische Medien für den Erwerb von Erfahrungswissen sind der menschliche Körper, repräsentative Modellierungen und kommunikative Netzwerke.

Die **Bedeutung des Körpers** für erfahrungsgeleitete Arbeit beim Einsatz rechnergestützter Fertigungstechnik heben insbesondere F. Böhle und B. Milkau hervor (vgl. hierzu F. Böhle, 1989, Lit. B). Mit Hilfe der **unmittelbaren Erfahrung visueller, auditiver und taktiler Rückmeldungen von Bearbeitungsabläufen** gelingt der Aufbau eines impliziten Erfahrungswissens über den Einsatz von Maschinen, Materialien und Werkzeugen.

Da die modernen Produktionstechniken den unmittelbaren physischen Körpereinsatz häufig überflüssig machen und die Wahrnehmung durch Verblendungen und Abkapselungen behindern, kommt es zu der gegenwärtig widersprüchlichen Situation, daß zwar körperlich vermitteltes Erfahrungswissen für flexible Produktion notwendig ist, die marktgängige Technik deren Erwerb und Nutzung aber erschweren.

Physische Belastungen (z.B. durch Bewegung schwerer Lasten und Lärm) werden häufig mit diesen Techniken abgebaut, gleichzeitig hiermit verändern sich aber auch die Bedingungen des Körpereinsatzes und der Wahrnehmung.

Die **Bedeutung der mentalen Durchdringung von Modellierungen** rechnergestützter Steuerungssysteme hat insbesondere Th. Malsch aufgezeigt. Seiner Auffassung nach wird "die systematische Gewinnung und Verarbeitung von Erfahrungswissen für den betrieblichen Innovations- und Rationalisierungsprozeß immer relevanter. Der auf "Fremdbeobachtung" beruhende tayloristische Modus der Wissensgewinnung stößt bei der laufenden Informatisierung an seine Grenzen. Er muß durch einen neuen informationstechnologischen Modus des Erfahrungswissens ergänzt werden. Dieser ist auf Selbstbeobachtung, **aktive Informationskompetenz, intelligente Dateneingabe** und den **eigenständigen Algorithmisierungsbeitrag** der Arbeitskräfte angewiesen, d.h. auf implizites Erfahrungswissen im Umgang mit nicht transparenten Modellen.

"Die Informatisierung des betrieblichen Erfahrungswissens vollzieht sich mithin nicht als eindimensionale, sondern als widersprüchliche Entwicklung. Zwar ebnet sie die Vielfalt betrieblicher Kommunikationsstrukturen ein und richtet das Arbeitsvermögen ge-

mäß der instrumentalistischen Logik der Computersysteme; dennoch erneuert sie auf paradoxe Weise das Erfahrungswissen, das eigensinnige Reflexionsvermögen und die kommunikative Kompetenz der Arbeitskraft und hält die nichtinstrumentellen Dimensionen gesellschaftlicher Lebensmöglichkeiten offen“ (Th. Malsch, 1987, S. 79, Lit. D).

Auf die **Bedeutung kommunikativer Netzwerke** für erfahrungsgeleitete Arbeit beim Einsatz von Systemtechnik hat insbesondere H. Rose, (1981, Lit. C und 1986, Lit G) hingewiesen. Sein Gedankengang ist folgender: um komplexe Probleme z.B. der Optimierung, aktuellen Zustandsbewertung, Störungsbeseitigung und Reaktion auf Planabweichungen zu lösen, bedarf es des Einsatzes von Kenntnissen und Erfahrungswissen aus verschiedenen Fachgebieten und Betriebsbereichen. Neben den formellen, in Organisationsplänen und Diagrammen festgelegten Kommunikationswegen gibt es informell beeinflusste kommunikative Netzwerke, die im Problemfall aktiviert werden. Dadurch werden Lösungen gefunden, die für die betriebliche Situation angemessen sind und zuverlässig zum angestrebten Ergebnis führen.

Treten komplexe Probleme in bestimmten Fertigungsbereichen (z.B. für Baugruppen) relativ kontinuierlich auf, kommt in vielen Fällen auch heute das Prinzip qualifizierter Gruppenarbeit zur Anwendung (vgl. u.a. B. Lutz, 1988, Lit. C und S. Roth/P. Königs 1988, Lit. G).

Darüber hinaus gibt es kommunikative Netzwerke für soziale Unterstützung und Orientierung, wenn Unsicherheiten oder Konflikte auftreten. Jeder Mitarbeiter eines Betriebes findet derartige Strukturen vor und paßt sich ein. Je mehr ein Betrieb Marktveränderungen folgen muß, um so dynamischer sind die Netzwerkstrukturen. Aus diesem Grund werden häufig auch ganz bewußt zusätzliche formelle Netzwerke zur Dynamisierung der gegebenen eingerichtet, wie z.B. Stabstellen, Projektgruppen, Qualitätszirkel, Lernwerkstätten u.a. (vgl. hierzu W. Bungard, 1988, Lit C; H. Zink und M. Ackermann, 1988, Lit C).

Implizites Erfahrungswissen in diesem Zusammenhang **umgreift das Wissen um die verschiedenen Netzwerke und Wissen um Ereignisse und Ergebnisse, wenn man im Rahmen eines Netzwerkes Wege beschreitet**, d.h. Gespräche mit anderen Mitarbeitern führt und hieraus Rückschlüsse zieht.

Technische Kommunikation kann derartige Netzwerke nicht ersetzen. Sie führt notwendig zu Typisierungen, Standardisierungen und Normierungen, die dem dynamischen Charakter von Kommunikation entgegenwirken. Hierin liegt wohl der Grund, daß der Ausbau der technischen Kommunikation das Bedürfnis für zwischenmenschliche Kommunikation

steigert und durch Einrichtung zusätzlicher Netzwerke Korrektur-, Ergänzungs- und Erneuerungsmöglichkeiten für die Systementwicklung und -nutzung geschaffen werden müssen.

Wie die Beleuchtung der Dimensionen des Erfahrungswissens andeutet, **verändert sich gegenwärtig seine Inhalte und Quellen..** Dieser Wandel wird aber nur unvollkommen und unzusammenhängend reflektiert. Nach wie vor herrscht eine Denkweise vor, die von einer noch weitergehenden Instrumentalisierung von Erfahrung ausgeht. **Erfahrung** sollte demgegenüber eher **als ein eigenständiges Potential erkannt** werden, das im Betriebsalltag seinen angemessenen funktional begründeten Stellenwert hat.

4.4 Gegenwärtige Erklärungskonzepte über Aspekte der Erzeugung und Nutzung von Erfahrungswissen

Den hier kurz skizzierten Aspekten impliziten Erfahrungswissens wird in wissenschaftlichen Untersuchungen bislang nicht systematisch nachgegangen. So lassen sich zwar Ansätze für Erklärungen finden, die aber noch weiterer Entwicklung bedürfen. Zu den Erklärungskonzepten gehören Untersuchungen über "subjektivierendes Arbeitshandeln" und "dissipative Wahrnehmungs- und Kommunikationsprozesse" sowie Erweiterungen der Erkenntnisse über die Handlungsregulation.

Das von F. Böhle und B. Milkau (1988, Lit B) entwickelte **Konzept "subjektivierenden Arbeitshandelns"** richtet sich: speziell auf Formen sinnlicher Wahrnehmung, die weder eindeutig und - in diesem Sinne - objektiv definierbar noch allein kognitiv-rational gesteuert und interpretiert werden. Es zielt darauf ab, die handlungspraktische und damit auch die "technisch-funktionale" Bedeutung solcher Formen sinnlicher Wahrnehmung sichtbar zu machen. Allerdings richtet sich dieses Konzept nicht isoliert auf die sinnliche Wahrnehmung, sondern auf den Zusammenhang zwischen sinnlicher Wahrnehmung und anderen Komponenten des Handelns; d.h. den Handlungskontext und die Handlungsformen, in denen sich sinnliche Wahrnehmung vollzieht. Hierin unterscheidet sich dieser Ansatz grundlegend von primär psychologisch ausgerichteten (Wahrnehmungs-)Theorien.

Subjektivierendes Handeln läßt sich stichwortartig wie folgt umreißen: **Charakteristisch ist eine sinnliche Wahrnehmung, die über mehrere Sinne gleichzeitig** und über Bewegungen des ganzen Körpers erfolgt. Zwischen den einzelnen Sinnesorganen und dem Körper insgesamt wird keine scharfe Trennung gezogen. Dabei werden Eigenschaften, Informationen usw. der Umwelt nicht nur registriert und einer kognitiv-rationalen Deutung und Verarbeitung zugänglich gemacht. Im Vordergrund steht

eher eine "partizipierende Wahrnehmung", der z.B. ein Hören entspricht, das als ein "sich Hineinhören" bezeichnet werden kann. Sinnliche Wahrnehmung vollzieht sich dabei primär im Sinne von "Spüren" oder "Fühlen". Diesen Gebrauch der Sinne beschreibt die umgangssprachliche Redewendung z.B. als "Gespür" oder als "Spüren". Eine solche sinnliche Wahrnehmung beruht auf einer **Beziehung zu Objekten**, die sich als sympathetisch bezeichnen läßt. Die Auseinandersetzung mit der "Umwelt" beruht hier nicht auf Trennung (Distanz). Das Subjekt erfährt die Umwelt nicht als fremde äußere Objekte, sondern eher als Teil bzw. Verlängerung seiner selbst, als etwas, was zu einem gehört, mit dem man eine Einheit bildet. Charakteristisch ist ferner ein **Umgang mit Gegenständen**, deren tragende Element Empathie und subjektive Involviertheit im Sinne von "sich Einlassen" sind.

Eine wichtige Rolle spielen dabei ein mimetisch-identifikatorischer **Nachvollzug von Bewegungsabläufen und Gestalten**. (Umgangssprachlich ist hier die Redewendung gebräuchlich, man müsse sich "in die Materie hineinknien und sich auf die Dinge einlassen").; ferner dialogisch-interaktive Handlungsweisen, bei denen der Mensch nicht einseitig auf Objekte einwirkt oder reagiert, sondern in einem Prozeß wechselseitigen Austauschs eher gemeinsam mit ihnen ein bestimmtes Ergebnis anstrebt. Gefühl ist bei solchen Handlungsweisen ein grundlegendes Moment der Handlungsregulierung. **Maßgeblich** ist die **Gegenstandsbezogenheit des Gefühls**. Gefühl ist hier ein wichtiger Faktor beim Erkennen von Eigenschaften und Qualitäten der Umwelt. Einem solchen gefühlsmäßigen Erkennen entspricht ein intuitives empathisches Denken, bei dem Denken und Gefühl sich nicht voneinander trennen lassen, sondern zwei Aspekte desselben Vorgangs sind. Ein solches gefühlsmäßiges Erkennen baut wesentlich auf Erfahrungen auf. Umgangssprachlich wird hier etwa davon gesprochen, daß Erfahrungen "einverleibt" werden und "in Fleisch und Blut" übergehen.

Das Konzept subjektiveren Handelns eröffnet eine Perspektive, in der unterschiedliche Handlungskomponenten, die sich nicht unmittelbar unter die vorherrschenden Kriterien "rationalen Handelns" subsumieren lassen (wie z.B. assoziatives und intuitives Denken, gefühlsmäßig geleitetes Handeln, ganzheitlich sinnliche Wahrnehmung), in ihrem wechselseitigen, systemischen Zusammenhang als wichtige Bestandteile praktischen Handelns erkennbar werden.

Wie die Untersuchungen von F. Böhle und B. Milkau zeigen, beruhen Qualifikationen und Kenntnisse von Facharbeitern, die zumeist als "Erfahrungswissen" beurteilt wurden wesentlich auf einem subjektivierenden Handeln; es ist daher als ein wichtiger Bestandteil der Arbeitsqualifikation und des Arbeitshandelns anzusehen.

Über "dissipative Wahrnehmungs- und Kommunikationsprozesse" hat insbesondere H. Rose Beobachtungen zusammengetragen und interpretiert (vgl. 1981 und 1984 hinsichtlich der Wahrnehmung, Lit. B; sowie 1988 hinsichtlich der Kommunikation, Lit. C).

Menschliche Informationsverarbeitung erfolgt nach seiner Auffassung auf der Grundlage wahrgenommener Unterschiede aus der Umwelt denn, "G. Bateson hervorhebt, ist die elementarste Informationseinheit", der Unterschied, der einen Unterschied ausmacht" (G. Bateson, 1983, S. 587, Lit. B).

Eine Gruppe von Unterscheidungsmerkmalen besteht aus Signalreizen, Symbolen, Zeichen, Listen, grafischen Formen usw. sowie aus ihnen zusammengesetzter, Muster, Schemata und Prototypen. Gemeinsames Merkmal ist, daß sie nach bestimmten expliziten Regeln hinsichtlich der Bedeutung erschlossen werden können. Diese Gruppe von Unterscheidungsmerkmalen läßt sich grundsätzlich informatisieren und für Modellierungen nutzen.

Daneben gibt es aber eine **zweite Gruppe von Unterscheidungsmerkmalen**, die sich zum Teil der Informatisierung entzieht. Zu diesem Typus gehören sogenannte **Gestalten** oder **komplexe Figuren** und **differenzierte Bildfolgen**, vor allem aber **Fließbilder** mit Texturen, Schattierungen, **Kontrasten** und Konturen sowie **Klangbilder** aus Haupt-, Neben- und Hintergrundtönen bzw. -geräuschen, deren Bedeutungen und Interpretationen variieren, aber in einer Situation implizit verfügbar sind, vermutlich deshalb, weil die Elemente in ihren Bezügen untereinander auch als Prozeßgebilde im Gedächtnis gespeichert sind. Weiter gehören zu diesem Wahrnehmungstypus "**abstrakte Bilder**" über Bewegungs- und Prüffolgen, d.h. Wege und Knoten in mentalen Hintergrund-Netzwerken, die in aktuellen Situationen insgesamt bewußt werden. Unter natürlichen Bedingunge ist das Wahrnehmen sinnerfüllt und dies nicht wegen der hypothetischen Aktivierung von Schablonen, Prototypen oder sogar Schemata, sondern wegen effektiver Orientierungsstrategien für das jeweilige Material, die zur schnellen und genauen Herauslösung der anforderungsrelevanten Charakteristika geeignet sind. Dabei geht es, kurzgesagt, um **berzeptive Handlungen**" (vgl. B.M. Velicokski, 1988, S. 136, Lit. D, und H. Rose, 1981, Lit. B).

Die Wahrnehmung bildlicher Informationen aktiviert im Subjekt Wissensbestände und Operatoren, die Ambiguität aktiv reduzieren (vgl. B. Weidenmann, 1988, S. 118, Lit. B). **Experten rufen** in diesem Sinne häufig "**abstrakte Bilder**" in einer Situation auf. Sie besitzen gleichsam mehrere mentale **Vorstellungsbilder für praktische Fälle**, die sie "im Kopf" übereinander legen und verschieben können, um beispielsweise neue Wege zu ermitteln (vgl. u.a. H.L. Dreyfus und S. E.Dreyfus, 1987, S. 97, Lit. F).

Insbesondere bei komplexen und neuartigen Arbeitsaufgaben lassen sich Probleme nicht nur mit dem ersten, "faktoriellen" Typus von Wahrnehmung fassen und behandeln. Zur Strukturierung der Probleme und Erkundung geeigneter Lösungswege ist der zweite Typus "dissipativer" Wahrnehmung unerlässlich.

Die **gegenwärtige Technikentwicklung und -anwendung befaßt sich** überwiegend mit dem **ersten Typus von Wahrnehmung**, und führt damit repräsentierbare Sachverhalte mit Hilfe von Interaktions- oder Dialogtechniken einer Bearbeitung zu (vgl. hierzu u.a. K.P. Föhnrich, 1987, Lit. F).

Da derartige Komponenten von Rechnersystemen an der Mensch-Maschine-Schnittstelle auch als Anwendung sogenannter "Künstlicher Intelligenz" angesehen werden, läßt sich überspitzt - um das Problem zu verdeutlichen - sagen, daß die gegenwärtige Technikentwicklung und -anwendung das vernachlässigt, was praktische Intelligenz ausmacht und das bevorzugt, was als künstliche Intelligenz bezeichnet wird. Der zweite, hier nur kurz angesprochene **Typus dissipativer Wahrnehmung** und hiermit erwerbbares Erfahrungswissen **findet noch zu wenig technische Unterstützung**, wie sie z.B. durch eine reale Bearbeitungsprozesse **transparenter machende Meßinstrumentierung** und eine **mitlaufende** kontinuierliche **Planungsübersicht, Dialogsysteme für Suchstrategien** und **rückverfolgende Analysen bzw. vorausschauende Prognosen** sowie differenzielle Eingriffsformen zur direkten Manipulation geleistet werden könnten.

Für den Erwerb und die Nutzung impliziten Erfahrungswissens sind neben den hier so bezeichneten "dissipativen" Wahrnehmungsprozessen auch damit in Zusammenhang stehende Prozesse der menschlichen Kommunikation wesentlich.

Auch bei der Kommunikation gibt es einen **Typus von Kommunikation, bei dem die verwendete Sprache** (Begriffe und Grammatik) relativ fest umrissen ist und zwischen Kommunizierenden **regelgeleitet** eingesetzt wird (z.B. **hinsichtlich Folgen von Fragen, Erwartungshorizonten der Antworten und zulässigen Schlußfolgerungen**). Dieser Typus von Kommunikation ist **grundsätzlich informatisierbar und modellierbar**.

Bei diesem Typus von Kommunikation wird der bestehende oder mögliche **Beziehungsaspekt** von Kommunizierenden **untereinander vernachlässigt** bzw. standardisiert. Gleichwohl ist der **Beziehungsaspekt** in der Kommunikation, auf den P. Watzlawick (1985, S. 116, Lit. C) besonders hingewiesen hat, noch enthalten.

In der Lebens- und Arbeitswelt gibt es eine Vielzahl von **Situationen, in denen dieser Aspekt die ausgetauschte Nachricht** hinsichtlich ihrer Gewißheit, Zuverlässigkeit, Inter-

pretierbarkeit usw. "färbt" und ohne diese "Färbung" nicht verstanden werden kann oder belanglos wird. **Im Extremfall** ist die Nachricht beliebig während der **Begleitumstand die eigentliche Mitteilung enthält, bsp. ein bestimmter Gesichtsausdruck.**

Kommunizierende orientieren sich aneinander und entwickeln dementsprechend eine spezifische Art und Weise der Kommunikation (vgl. u.a. A.A. Leontev, 1984, S. 147, Lit. C).

Ähneln sich die Bedeutungsmuster von Kommunizierenden oder nähern diese sich im Verlauf einer Kommunikation einander an, so kommt es zum Erlebnis der Bestätigung. Dazu zählen Aussagen, die im Rahmen eines Mediums auch für weitere Beobachter nachvollziehbar sind. Weiter gehören aber auch gefühlsmäßige Komponenten z.B. der Gewißheit dazu. Dieser Umstand spielt insbesondere in nicht strukturierten und nicht vorhersehbaren Situationen eine Rolle. In derartigen Situationen, z.B. in Alltagssituationen, bei unvorhersehbaren Planungsabweichungen und Störungen sowie in Ausnahmesituationen bei Bedrohungen oder Fehlentwicklungen, mangelt es in der Regel an verlässlichen Informationen zur adäquaten Einschätzung der Ursachen und Auswirkungen. Hier kann die gegenseitige Bestätigung helfen, eine vorläufige Strukturierung aufzubauen, die Handlungspositionen zuläßt.

In vielen Fällen von Störungen der Lebens- und Arbeitswelt sind für Kommunizierende neben der Vermittlung von speziellen Informationen zur Störungsdiagnose und -beseitigung die gefühlsmäßig gefärbten Begleitumstände der gegenseitigen Unterstützung genauso wichtig. Dazu gehören u.a. Gefühle der angstfreien "Ansprache" und die Erfahrung, sich nicht lächerlich zu machen oder im Anschluß benachteiligt zu werden.

Gelingen gegenseitige Bestätigung und Unterstützung in einer kommunizierenden Gemeinschaft über **längere Zeiträume** hinweg, so entwickelt sich allmählich ein **"Klima" des Vertrauens** (vgl. H. K. Wahren, 1987, S. 211, O. Neuberger, 1985, S. 26, Lit. C).

Das **implizite Erfahrungswissen** besteht dann darin, für die Bearbeitung einer bestimmten Aufgabe oder eines komplexen Problems diejenigen Kommunikationspartner aufzusuchen bzw. zusammenzubringen, mit denen **entsprechend vergangenen Ereignissen eine "sichere" Entscheidung** getroffen werden kann und zwar "sicher" hinsichtlich der in der Situation notwendigerweise zu berücksichtigenden Aspekte und "sicher" hinsichtlich der Einhaltung von Absprachen bei arbeitsteiliger Aufgabebewältigung.

Architekturen technischer Kommunikation können diesen Effekt nicht nachahmen. **Der Erwerb und die Nutzung impliziten Erfahrungswissens erfordert somit eine für menschliche Kommunikation ausgelegte Organisationsstruktur von Informationsflüssen.**

Abschließend ist auch auf **neuere Entwicklungen im Rahmen der Handlungsregulationstheorie** hinzuweisen (vgl. W. Volpert, 1984, 1986, Lit. D. und 1987, Lit. F).

So wird zum Beispiel in Ergänzung zur vergleichsweise starken Berücksichtigung von Denk- und Planungsprozessen, also den "rationalen" Aspekten menschlichen Handelns, in diesem Theoriezusammenhang seit einigen Jahren der **Aspekt der Körperlichkeit** des Handelns mit hervorgehoben. Gefordert wird die Berücksichtigung der Vielfalt sinnlicher Wahrnehmungsmöglichkeiten und der Verbindung von Planung und gegenständlicher Handlungsausführung in der Gestaltung von Arbeitsaufgaben. Auch die **Kommunikation und Kooperation** im Handeln fand **stärkere Beachtung** (vgl. R. Oesterreich u.a., M. Resch, 1985, Lit C.), wobei im Zuge der von W. Volpert geforderten "konstrastiven Aufgabenanalyse" neben dem Gesichtspunkt des gemeinsamen Handlungsspielraums in der kooperativen Aufgabenausführung auch der Aspekt des unvermittelten sozialen Kontakts, also vor allem des mündlichen Dialogs und der damit verbundenen körpersprachlichen Kommunikation hervorgehoben wird.

Eine zusammenfassende Darstellung dieses erweiterten Handlungsregulationskonzeptes hat H. Dunkel vorgelegt (vgl. H. Dunkel, 1989, Lit. D).

Mit der Frage der Körperlichkeit der menschlichen Existenz und des menschlichen Handelns eng verbunden ist auch der **Begriff der "menschlichen Meisterschaft"**, mit dem von W. Volpert jene spezifisch menschliche Form des Könnens bezeichnet wird, auf die auch der Begriff des erfahrungsgeleiteten Handelns abzielt und die immer auch unverwechselbar individuelle Aspekte des Arbeitsstils, der Bewegungsästhetik, der Intuition etc. enthält.

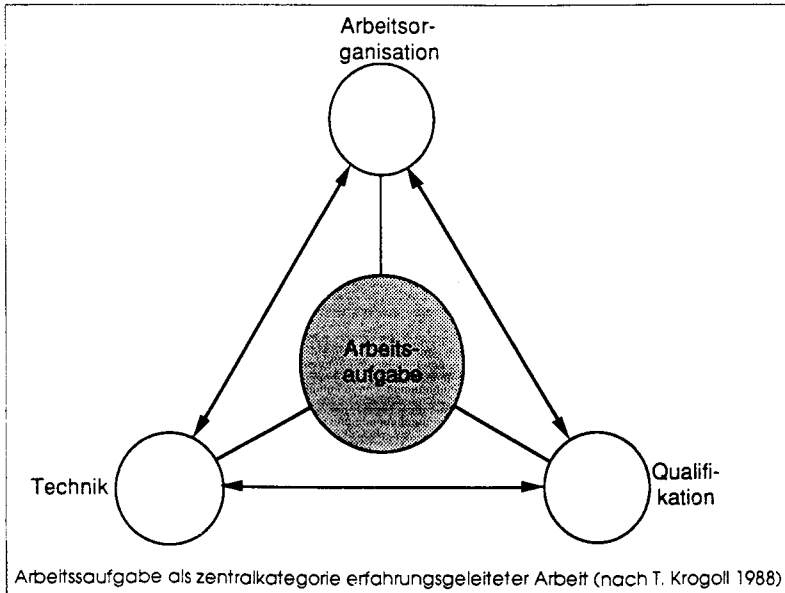
In diesem Zusammenhang sind auch die Modellvorstellungen von H. Dreyfus und S. Dreyfus, (1988, S. 42 ff. Lit. F) über menschliches Expertentum und **fünf Stufen beim Erwerb von Fertigkeiten** zu nennen.

V. **Gestaltungsfelder von technischen, organisatorischen und qualifikatorischen Systemkomponenten rechnergestützter Fertigung in der Werkstatt**

Nachdem die Bedeutung erfahrungsgeleiteter Arbeit bei rechnergestützter Fertigung dargestellt worden ist, wird im folgenden Abschnitt der Versuch gemacht, aufgrund vorliegenden Erkenntnis allgemeine Empfehlungen zur Gestaltung zu machen und auf den zusätzlichen Handlungsbedarf für Forschung, Entwicklung und Anwendung von technischen, organisatorischen und qualifikatorischen Systemkomponenten bei rechnergestützter Fertigung in der Werkstatt aufmerksam zu machen.

5.1 Generelle technische, organisatorische und qualifikatorische Leitvorstellungen und Gestaltungsregeln zur Berücksichtigung erfahrungsgeleiteter Arbeit

Wie mehrfach hervorgehoben, bedarf es für den Erwerb und die Nutzung impliziten Erfahrungswissens einmal vollständiger Erfahrungsketten zur Bewältigung von Aufgaben, d.h. die Ausübung planender, ausführender und kontrollierender Tätigkeiten, zum anderen Erfahrungsketten für die Abwicklung arbeitsteiliger Aufgaben, d.h. eine funktional begründete Beteiligung an vor-, neben- und nachgelagerten Tätigkeiten und an der koordinierenden Tätigkeiten (für den Aufgabenbereich sowie für den Arbeitsvollzug zwischen mehreren Arbeitsbereichen).



Für erfahrungsgeleitete Arbeit mit CNC-Werkzeugmaschinen in CAM- und PPS-Umgebungen förderliche Bedingungen sind:

- 1) Zur **Herstellung vollständiger Erfahrungsketten bei der Bearbeitung von Werkstücken und Abwicklung von Arbeitsgängen** (vgl. u.a. H. Dunckel, 1989, Lit. D).
 - eine selbstverantwortliche Ausübung von planenden, programmierenden, ausführenden und kontrollierenden Tätigkeiten
 - eine unmittelbare bzw. technisch vermittelte sinnliche Transparenz und direkte aktive Manipulation von Informations- und Bearbeitungsvorgängen;
 - eine praktische Einübung in übergeordnete Zusammenhänge der Aufgabenbewältigung.
- 2) Zur **Herstellung vollständiger Erfahrungsketten bei arbeitsteiligen Arbeitsvollzügen** (vgl. u.a. B. Lutz, 1988, S. 71, Lit. C).
 - Gestufte Entscheidungsabläufe zwischen und innerhalb zentralen und dezentralen Funktionsebenen einschließlich vorgangsnaher Datenerfassung- und verwendung;
 - auf qualifizierte Gruppenarbeit mit Erfahrungsaustausch ausgerichtete Regulation innerhalb eines Aufgabenbereiches und hierauf basierende Koordination mit anderen Bereichen

Auf der Grundlage dieser Leitvorstellungen läßt sich ein allgemeines **Szenario für eine Werkstatt** entwerfen, die erfahrungsgeleitete Arbeit zuläßt und stärkt. Für die Werkstatt eines kleinen Betriebes oder Meisterbereiche bzw. Fertigungssegmente eines mittleren Betriebes, der kleine Losgrößen bei großer Typenvielfalt fertigt, ergäbe sich ein **Aufgabenverbund, der aus Teilaufgaben der betrieblichen Gesamtaufgaben: Auftragsabwicklung, Maschinensteuerung und Qualitätssicherung** besteht (vgl. u.a. H. Martin, 1987, S. 475). Ein derartiger Aufgabenzuschnitt könnte sich beispielsweise zusammensetzen aus:

- **Teilaufgaben der Werkstattsteuerung:** z.B. Verwalten von Maschinengruppen bzw. Kostenstellen, Verfügbarkeitsprüfung von Fertigungsressourcen (Werkzeuge, NC-Programme, Werkzeugkorrekturdaten), Übernahme und Zustellung von Arbeitsgängen aus PPS-Arbeitsvorrat, Präsentation und Überwachung der Arbeitsorganisation, Erfassen und Verarbeiten von Rückmeldungen

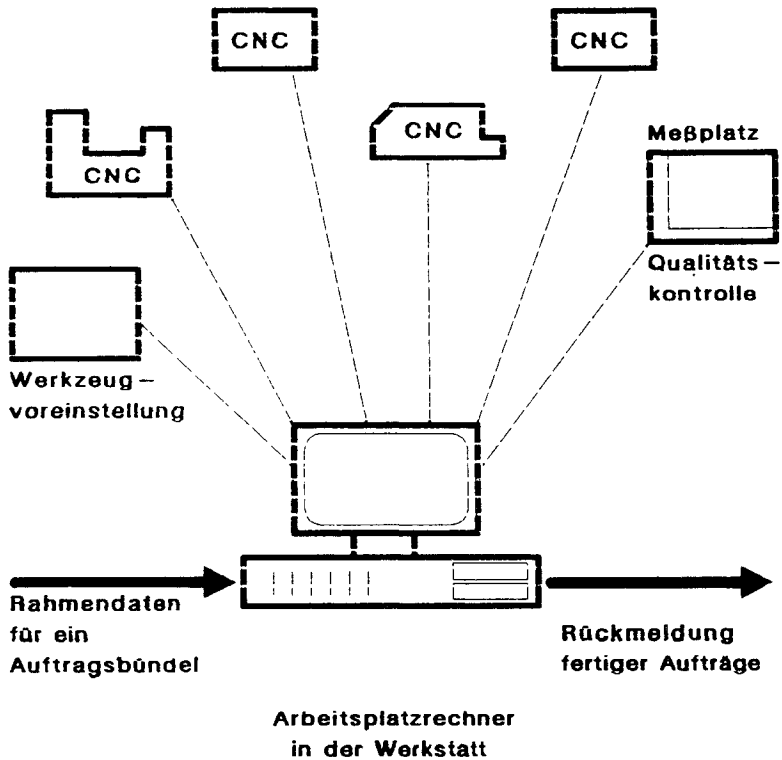
im Hinblick auf Arbeitsgangfortschritt sowie Maschinenstatustmeldungen, Übergabe von selektierten Rückmeldedaten an zentrale PPS-Funktionen.

- **Teilaufgaben der Maschinensteuerung** im Verbund: z.B. Organisation der NC-Programmierung und -verwaltung, NC-Programmerstellung, NC-Programmverteilung ggf. auf einzelne Terminals und Maschinen, NC-Programmkorrektur und -anpassung durch NC-Editor/Grafik zwecks Optimierung, Eingabe und Verwaltung von Technologiedaten, Vorgabe der Solidaten an Werkzeugvoreinstellungen, Verwalten und Verteilen von Werkzeugkorrekturdaten, dezentrale Werkzeugverwaltung und Werkzeugvoreinstellung, u.a..
- **Teilaufgaben der Qualitätssicherung** und -überwachung: z.B. Qualitätsplanung und -analyse, Übernahme der Prüfpläne und Meßwertvorgaben vom Planungsrechner, Erfassung der Meßwerte im Prozeß, grafische Überwachung der erfaßten Meßwerte, Steuerung der Meßmaschinen, Datenerfassung und -verwendung auf Werkstattebene, Übergabe selektierter Daten an andere Stellen.

Datenhaltung und -verwendung für diese Aufgabenbewältigung erfolgt in der Werkstatt, an der CNC-Maschine und am Arbeitsplatzrechner. Die Werkstatt ist bei dieser Betrachtungsweise der Mittelpunkt des Fertigungsprozesses (vgl. u.a. H. Erbe, 1986, S. 44, Lit. I).

Die Aufgaben in der Werkstatt werden durch eine Arbeitsgruppe bewältigt.
(Siehe folgende Seite bildliche Darstellung)

Gruppenarbeitsplatz



mit

werkstattorientiertem

**Programmier- und Planungsmodul,
CAD für Variantenkonstruktion,
Programm- und Werkzeugverwaltung,
Kapazitäts-, Terminplanung
und Überwachung,
Verwaltung der Rahmendaten,
Rückmeldung fertiger Aufträge**

Mit Hilfe einer oder mehrerer Workstations auf PC-Basis werden dezentral für den Werkstattbereich die Betriebsmittel- und Programmverwaltung und die Kapazitäts-, Termin- und Ablaufplanung für das in einem gegebenen Zeitraum abzuarbeitende Auftragsspektrum organisiert. Man kann dies als eine Bündelsteuerung bezeichnen, die von einer zentralen Rahmenplanung auf der Managementebene überlagert ist. Die Workstations haben Zugriff zu einer Datenbasis außerhalb der Werkstatt, in welcher auch Konstruktions- und Planungsdaten abgelegt sind. Diese Arbeitsplätze sind für alle Facharbeiter zugänglich und schaffen die notwendige Durchsichtigkeit für die Fertigungsprozesse an den einzelnen Maschinen für die gegebenen Aufträge. Die Information über Fertigungsressourcen und Planungsdaten lassen sich jederzeit abrufen und eingeben, so daß die Entscheidung über notwendige Verteilungen oder Umverteilungen (z.B. Änderung der Losgrößen, Eilaufträge usw.) an einzelnen Maschinen unterstützt wird.

Derartige Arbeitsplätze fördern die Flexibilität und Kompetenz der Facharbeit in der Werkstatt, was insbesondere für Klein- und Mittelbetriebe lebensnotwendig ist. Zugleich wird die Kooperation und Kommunikation unter dem Werkstattpersonal ermöglicht und herausgefordert. (vgl. H. Erbe 1987, Lit. I).

Unter der Voraussetzung, daß die schrittweise Implementierung von Systemkomponenten rechnergestützter Fertigung eine Neuorganisation von Werkstatt und anderen Funktionsbereichen des Betriebes erzwingt, sollte darüber hinaus die Leitvorstellung einer gleichzeitig mitlaufenden systematischen Umstellung der Infrastrukturen menschlicher Kommunikation zumindest plausibel erscheinen. Sie beinhaltet die gezielte Betroffenenbeteiligung zur Herausbildung von Arbeitsgruppen.

Wie die Beteiligungsforschung belegt, können Beteiligungslernen und Beteiligungsaspiration bewußt gefördert werden, wenn der Systementwicklungsprozeß so angelegt wird, daß er für die Betroffenen kognitiv und handelnd beherrschbar wird. Demgegenüber wird gegenwärtig noch eine Vorgehensweise bevorzugt, bei der der Gestaltungsprozeß dem Informationsstand und Lernprozeß des Benutzers ständig vorausliegt und dieser erst im Verlauf der Routinenutzung das System zu beherrschen beginnt (vgl. u.a. P. Mambrey, R. Oppermann und A. Tepper, 1986, S. 246, Lit. C).

Während die technische Systemauslegung eher als "top-down-Ansatz" zu werten ist, stellt die hier vorgestellte Benutzerbeteiligung einen ergänzenden "bottom-up-Ansatz" dar. Werden beide verfolgt, werden genau die Alternativen für den EDV-Einsatz benannt und bewertet, die für einen Betrieb die relevantesten sind. Benutzerbeteiligung kann deshalb im Sinne einer Gedankenbrücke für den "sozialen" Belangen weniger aufgeschlossenen technischen Fachmann und für skeptische Führungskräfte auch als Instrument der Optimierung angesehen werden.

Mit dieser Sichtweise der werkstattorientierten Aufgabenumverteilung und Anwendung von Systemkomponenten rechnergestützter Fertigung erwachsen spezifische Anforderungen für die betriebliche Fort- und Weiterbildung auf allen Mitarbeitererebenen (vgl. Eversheim/P. Offenbruch, H. Schmidt, G. Schulz, 1988, S. 35, Lit. I).

Zum einen kristallisieren sich Themenbereiche heraus, die vornehmlich die Entscheidungsfindung bei Planung und Einsatz von Systemkomponenten der rechnergestützten Fertigung betreffen (vgl. beispielsweise W. Kunkel und P. Golinski 1989, Lit. I, auch M. Lahner, 1988, S. 27, Lit. I)

Andererseits geht es um die Vermittlung von Kenntnissen und Fertigkeiten an diejenigen Personen im Betrieb, die mit installierten Systemkomponenten in der Alltagspraxis als "Werkzeug" konfrontiert sind. Darüber hinaus deutet sich ein dritter Bereich an, der die eher sachlogisch und pragmatisch begründete Gliederung in die genannten Bereiche sinnvoll durchbricht. Davon ausgehend, daß, unabhängig von der Gestaltung und Ausprägung der betrieblichen Bedingungen für Wahrnehmung und Kommunikation, der Pool von verfügbarem Arbeitsvermögen (Erfahrungswissen, Werkstatt- oder teilgruppenorientierte Strukturkenntnisse, usw.) mehr oder weniger gefüllt ist, wäre es fatal, diesen nicht zu nutzen. Dazu müssen Planer und Entscheider des Betriebes in eine intensive Diskussion mit den Experten vor Ort eintreten.

Neben den generellen Leitvorstellungen für die Förderung erfahrungsgeleiteter Arbeit lassen sich entsprechend dem gegenwärtigen unvollkommenen Kenntnisstand nur wenige Gestaltungsregeln für Systemkomponenten aufführen. Zu derartigen Empfehlungen zählen:

- Die im CAD-System generierten Geometriedaten sollen auch für die Bedienterminals komfortabler CNC-Steuerung verfügbar gemacht werden.
- Zusätzlich sollten im Werkstattbereich, in räumlicher Nähe zu den CNC-Werkzeugmaschinen, Programmierplätze geschaffen werden, an denen ebenfalls Zugriff auf CAD-Daten besteht. Diese Arbeitsplätze müssen so eingerichtet sein, daß störende Umgebungseinflüsse (Lärm, Unterbrechung) nicht auftreten.
- Die Bedienoberfläche der Programmiersysteme ist auf die leichte Handhabbarkeit abzustimmen. Dialoge mit dem Rechnersystem sollten in verständlicher Sprache geführt werden können und die üblichen fertigungstechnischen Begriffe verwenden. Es sollten komfortable Programmierunterstützungen gegeben werden. Geometrieprogrammierung sollte grafisch-interaktiv erfolgen. Technologiedaten sollten menueunterstützt erzeugt werden können, wobei im "Rechnerhintergrund" NC-Quellcode-Programme erzeugt werden müssen, um die Übertragbarkeit der Programme auf verschiedene Maschinen zu ermöglichen.

- Die Prozeßtransparenz sollte für die Arbeitskräfte erhöht werden, z.B. durch schnelle Bearbeitungskontrollen und Rückmeldung aktueller Betriebszustände
- Die Software- und Hardware-Bedienoberfläche der Programmiersysteme sollte, zumindest in den wichtigen Funktionen, an verschiedenen Programmierstationen einheitlich sein, so daß eine Verteilung der Programmerstellung erleichtert wird.
- Das NC-Programmieren sollte zeitlich parallel zur laufenden Maschine möglich sein. Restlaufzeiten der parallel arbeitenden Maschine sollten den Arbeitskräften angezeigt werden. Simulationsmöglichkeiten der erzeugten NC-Programme am Grafikbildschirm sollten möglich sein.
- Die Arbeitskräfte sollten auf Auftragsdaten im PPS-System und auf die NC-Programmverwaltung, Werkzeugverwaltung etc. online Zugriff haben.
- Zugang vom NC-Programmierplatz zu Produktionsplanungsdaten (NC-Programmverwaltung etc.) sollte gegeben sein.
- Es sollten Arbeitskräfte-Teams eingerichtet werden, in denen sich die Mitglieder gegenseitig die nötigen Freiräume für längerdauernde Programmierarbeiten am werkzeugmaschinennahen Programmierplatz wechselseitig selbst schaffen.
- Informelle Kommunikationsmöglichkeiten zwischen Arbeitskräften in der Werkstatt und denen aus der Arbeitsvorbereitungsbereich sollten durch geeignete Organisationsformen sichergestellt werden. Das heißt, daß informelle Kontakte nicht nur möglich sondern aus den Arbeitszusammenhängen heraus auch erforderlich sein müssen.
- Qualifizierung für Arbeitskräfte in der Werkstatt sollte tätigkeitsorientiert erfolgen, d.h. an der Bewältigung an konkreten Arbeitsaufgaben ausgerichtet sein.

Eine verstärkte Beachtung des Nutzens informeller Kommunikationsstrukturen in der Fertigung für die Störsicherheit und den Erfahrungserwerb in einer mittelfristigen Perspektive für das Unternehmen und andere indirekte Nutzengrößen sind durch geeignete Organisationsentwicklungskonzeptionen, die insbesondere die Beteiligung der DV-Systemnutzer auch formal regeln, anzustreben. Damit zu verknüpfen sind Qualifizierungsangebote und -maßnahmen sowie das Erarbeiten geeigneter Kriterien und Konventionen zur Verteilung der NC-Programmieraufgaben.

Diese Übersicht deutet an, daß gegenwärtig nicht genügend Erkenntnisse vorliegen, um dem Aspekt impliziten Erfahrungswissens und erfahrungsgeleiteter Arbeit zu genügen, insbesondere fehlt es an für erfahrungsgeleitete Arbeit erprobten Systemkonzepten und Modellversuchen. Hier bedarf es noch erheblicher Forschungsbemühungen. Einen Versuch, notwendige Forschungs- und Entwicklungsfelder aufzuzeigen, machen die folgenden Ausführungen.

5.2 Erhaltung und Ausweitung des Aufgabenzuschnitts an der CNC-Werkzeugmaschine durch Werkstattprogrammierung und interaktive Dialoggestaltung

Beschränkt man sich bei der Betrachtung der Produktion mit CNC-Werkzeugmaschinen auf die direkt mit der Werkstückherzeugung zusammenhängenden Aufgaben, sieht man also von Werkstattsteuerungsaufgaben (Auftragsreihenfolgeplanung etc.) ab, so lassen sich die folgenden wesentlichen funktionellen Tätigkeitsgruppen unterscheiden.

- Herstellung des NC-Programmes (Programmieren),
- Einfahren und Optimieren des Programmes,
- Einrichten der Maschine (z.B. Werkzeuge, Vorrichtungen),
- Bedienen und Überwachen während der (programmgesteuerten) Bearbeitung,
- Beschicken und Entladen der Maschine,
- Sicherung der Werkstückqualität (Prüfen),
- Wartung, Fehlerdiagnose und Instandhaltung.

Arbeitsorganisatorisch können diese funktionellen Tätigkeitsgruppen in unterschiedlicher Weise auf verschiedene Beschäftigtengruppen verteilt werden. Während Bedienen und Überwachen sowie Beschicken und Entladen Funktionen sind, die in hohem Maße maschinengebunden sind und somit dort, wo sie nicht automatisiert sind, einem Beschäftigten an der Maschine übertragen werden müssen, kann das Einrichten der Maschine von anderen Beschäftigten im Fertigungsbereich (Vorarbeiter, Meister, Einrichter) vorgenommen werden. Das Erstellen des NC-Programmes kann schließlich ganz in einem zentralen Arbeitsvorbereitungsbereich ausgelagert werden. Bei solchen organisatorischen Modellen erfolgt das Einfahren der NC-Programme meist in Kooperation zwischen dem Beschäftigten an der Werkzeugmaschine und dem NC-Programmierer. Der durch diese Organisationsform bedingte Aufgabenzuschnitt an CNC-Maschinenarbeitsplätzen kann ebensowenig als "ganzheitlich" bezeichnet werden, wie eine - oft fälschlich als "Werkstattprogrammierung" bezeichnete - Arbeitsteilung in der Fertigung, die darin besteht, daß die Funktionsgruppe "Programmerstellung" (teilweise zusammen mit "Qualitätssicherung" und "Einrichten") nicht dem Maschinenarbeiter, sondern einer anderen Gruppe des Werkstattpersonals

(Meister, Einrichter) zugeordnet wird. In beiden Fällen findet keine Erhaltung geschweige denn Ausweitung, sondern eine Einschränkung des Aufgabenzuschnitts an CNC-Maschinenarbeitsplätzen im Sinne der Reduktion ganzheitlicher Tätigkeitsstrukturen statt. In beiden Fällen kann nicht von Werkstattprogrammierung die Rede sein, wenn man darunter ein Konzept mit ganzheitlichem Aufgabenzuschnitt (planenden, ausführenden und kontrollierenden Tätigkeiten) für CNC-Arbeit versteht.

Der Umfang, in dem Werkstattprogrammierung in diesem Sinne praktiziert wird, ist je nach Fertigungsbereich unterschiedlich, vor allem im Vergleich zwischen Fertigungshaupt- und Fertigungshilfsstellen: In Fertigungshauptstellen mit Akkord-Lohnsystemen hat die Werkstattprogrammierung einen relativ geringen Stellenwert. Die Abspaltung der NC-Programmierungsfunktion vom Werkstattbereich kann hier häufig nicht durch wirtschaftliche Argumente gestützt werden, was jedoch nur durch aufwendige und komplexe Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen nachweisbar ist. Die wirklichen Gründe liegen vermutlich darin, daß auch traditionell eher arbeitsteilige Organisationsformen vorherrschen.

Für die Fertigungshilfsstellen, in denen in der Regel Zeitlehnsysteme zur Anwendung kommen, insbesondere für den Werkzeugbau mit einem traditionell sehr hohen Facharbeiteranteil und einem vergleichsweise hohen Anteil an Werkstattprogrammierung, stellt sich zunehmend die Frage des Qualifikationserhalts, wenn mit der Integration der NC-Programmierung in die Arbeitsvorbereitung bzw. in die Konstruktion eine Zentralisierung der NC-Programmierung einhergeht. Konzeptstudien belegen zwar die Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit von Modellen, die die NC-Programmierung auf CAD-Datenbasis im Fertigungsbereich belassen (vgl. Lay u.a. 1988, Lit. G), dennoch besteht ein starker Trend zur Zentralisierung der Programmierungsfunktion. Gleichzeitig jedoch sind **große Unsicherheiten** bei den verantwortlichen Systemplanern **über die Wirtschaftlichkeit verschiedener organisatorischer Lösungen** zu beobachten. Als **zunehmend relevant** erweisen sich **nicht monetär zu gewichtende Nutzgrößen**, insbesondere die **Erhaltung der Flexibilität** durch eine hohe Qualifikation der Mitarbeiter und die Stabilität des Produktionssystems gegenüber äußeren Störungen.

Die von der Arbeitswissenschaft insbesondere der Arbeitspsychologie erarbeiteten Kriterien hinsichtlich ganzheitlicher, qualifizierungsrelevanter und persönlichkeitsförderlicher Arbeitstätigkeiten müssen ebenso wie der Aspekt erfahrungsgeleiteter Arbeit allein schon aus diesen Gründen bei der Konzeption computerintegrierter Fertigungsstrukturen stärker als bisher beachtet werden. Gleichzeitig werden die Fertigungsstrukturen durch Rechnerintegration "gestaltbar". Für die Ansiedlung der NC-Programmierung in rechnergestützten Fertigungsstrukturen beim CNC-Maschinenarbeiter sprechen hauptsächlich Vorteile des Aufbaus und Erhalts von Qualifikationen und impliziten Erfahrungswissens.

- Eine Zentralisierung der NC-Programmierungsfunktion erzeugt in den zentralen Bereichen Arbeitsplätze mit sehr hoher Bildschirmbindung. Durch den Einsatz graphischer Simulationsverfahren entfallen für den zentralen NC-Programmierer zunehmend auch die nicht-bildschirm-gebundenen Tätigkeitsanteile beim Einfahren der NC-Programme im Fertigungsbereich und damit Fertigungserfahrungen, die er andererseits zum Programmieren benötigt.
- Die **Simulation von Bearbeitungsvorgängen auf Graphikbildschirmen im zentralen NC-Programmierungsbereich basiert auf einem Produktionsmodell, das die Realität nur unvollständig abbildet.** Eine Gewähr dafür, daß z.B. eine simulierte Aufspannsituation später an der Maschine genau so realisiert wird, kann nur durch sehr rigide Vorgaben im Fertigungsbereich gewährleistet werden, wobei in jedem Fall ein Risiko verbleibt. Eine "Verbesserung" dieser Simulationsmöglichkeiten dadurch, daß immer mehr Aspekte der betrieblichen Realität simuliert werden (Verfügbarkeit bestimmter Vorrichtungen zu bestimmten Zeitpunkten, geometrischer Aufbau der Werkzeuge etc.) kann dahin führen, daß die Komplexität des Programmiersystems derart groß wird, daß die vom System vorgeschlagenen Lösungen (z.B. hinsichtlich Werkzeugauswahl) vom Programmierer nicht mehr durchschaut und hinterfragt werden können. Damit entstehen einerseits neue Möglichkeiten für nur schwer behebbare Fehler, andererseits werden dispositive Handlungsspielräume faktisch verkümmern, auch wenn sie im Softwareaufbau vorgesehen sind. Weiterhin ist die "Verbesserung" der NC-Programmqualität durch neue Simulationsmöglichkeiten am Graphikbildschirm dahingehend zu problematisieren, daß der direkte Kontakt zur Fertigung abnimmt, was nicht nur eine Beeinträchtigung sozialer Kontaktmöglichkeiten zur Folge hat, sondern auch den Verlust an Möglichkeiten, das sich ständig weiterentwickelnde Fertigungs-(Erfahrungs)wissen zu aktualisieren.
- Da der Maschinenarbeiter von der Verantwortung für einen ordnungsgemäßen Programmablauf letztendlich nicht entbunden werden kann, ergibt sich die Frage nach der Übereinstimmung von Kompetenz und Verantwortung. In der Regel muß ein NC-Programm auch dann "Schritt für Schritt" in der Maschine selbst simuliert (geprüft) werden, wenn es sich um ein bereits früher verwendetes NC-Programm handelt. Das heißt, daß der **Maschinenarbeiter - egal, ob ihm Programmierungsfunktionen zugewiesen sind oder nicht - aufgrund von Erfahrung in der Lage sein muß, zu beurteilen, ob bestimmte Maschinenbewegungen zur Erzeugung einer in einer technischen Zeichnung dokumentierten Kontur oder Oberflächenqualität geeignet sind.** Dies ist einer

der Gründe, weshalb sich die mit der Einführung von CNC-Maschinen verbundene Erwartung, daß diese von "billigen" Anlernkräften bedient werden können, nicht hat realisieren lassen (vgl. z.B. die bei Noble 1979, Lit. G dargestellten Untersuchungsergebnisse).

Erinnert sei hier an die unter Punkt 4.2 aufgeführten Belege, daß die Wirtschaftlichkeit ganzheitlicher Arbeitsaufgabenzuschnitte bzw. der Werkstattprogrammierung an CNC-Arbeitsplätzen - auf der Basis der Möglichkeit der Parallelprogrammierung - insbesondere von technischen Programmierhilfen und ihrer benutzungsfreundlichen Handhabbarkeit an der Steuerung bzw. an maschinenahen NC-Programmiersystemen, also von der Dialoggestaltung, abhängt (vgl. Ammon: NC-Programmierung und Arbeitsgestaltung, Referat auf der Arbeitstagung "Arbeitsschutz am flexiblen Fertigungssystemen" der BAU am 25./26. 4. 1989 in Dortmund und im Bericht über die MTU, J. Kromberg, 1988, Lit. H). Für die **Dialoggestaltung an CNC-Maschinen** hat der **Grundsatz der Aufgabenangemessenheit** nach DIN 66234 Teil 8 (Grundsätze ergonomischer Dialoggestaltung) zentrale Bedeutung. Er besagt im wesentlichen, Dialoge so zu gestalten, daß der Benutzer in dem ihm eigenen Arbeitsstil bei der Aufgabenerledigung unterstützt werden soll. Rein systembezogene Funktionen zur Handhabung des Rechnersystems (Hard- und Software) sollen möglichst vom Benutzer ferngehalten, also vom System übernommen werden. **Das System soll dem Benutzer alle Informationen zur Verfügung stellen, die er für seine Arbeitsaufgaben benötigt.** Hier gilt es, in Zukunft den Aspekt erfahrungsgeleiteter Arbeit als Querschnitts-Anforderung einzubringen. Die Software-Arbeitsmittel sollen über das Dialogsystem an wiederkehrende Aufgaben vom Benutzer angepaßt werden können. Vorgabewerte sollen Vorschläge sein: d.h. sie sollen vom Benutzer veränderbar sein und ihn nicht zu bestimmten Abläufen oder Arbeitsstilen zwingen. Sie sollen dem "Anfänger" den Einstieg in die Nutzung des Systems erleichtern, indem sie im Rahmen allgemeiner Erfahrung Durchschnittswerte, plausible Grenzwerte u.a. vordefinieren. Aber für den Experten, der das Systemverhalten gut kennt und zur Optimierung seiner eigenen Arbeitsausführung nutzt, sollen diese Vorgaben jederzeit veränderbar bzw. "überspringbar" sein. **Entscheidend ist, daß der Benutzer auch genügend Informationen erhält um Erfahrungswerte zu bilden,** mit denen er Vorgaben prüfen bzw. verbessern oder selbst bestimmen kann. **Aufgabenangemessene Dialoggestaltung** bedeutet für CNC-Systeme vorrangig dreierlei:

- erstens die **Möglichkeit der graphikorientierten Kontureingabe** sowie der graphischen Simulation - denn die Bearbeitungsaufgabe erfordert den Umgang mit graphischen Elementen bzw. Symbolen ,
- zweitens die **Orientierung am Bearbeitungsprozeß**, denn **vorgegebene geometrische Strukturen** sind in eine Reihenfolge von Arbeitsschritten bzw. in **Arbeitspläne mit Angabe der Technologiewerte** (wie Schnittgeschwindigkeiten,

Vorschübe, Spantiefen, Werkzeugkorrekturwerte usw.) und der einzusetzenden Werkzeuge und Spannmittel **umzusetzen, und**

- drittens, **genügend Rückmeldungen über den Bearbeitungsprozeß**, um Erfahrungen mit Technologiewerten zu machen.

Die Graphikorientierung eines CNC-Dialogsystems ist dann gegeben, wenn ein Programm erzeugt werden kann durch "interaktive" Eingabe der graphischen Elemente und Bearbeitungszyklen, die dem Maschinenarbeiter geläufig sind (Kreisbogen, Gerade, Fase, Rundung, Bohrung, Tasche etc) und der dazugehörigen Bemaßungen.

In jedem Fall sollte ein CNC-System die Möglichkeit bieten, dies (insbesondere für den Anfänger) menügesteuert zu tun. Die Arbeit des Berechnens von Konturen aus unvollständigen Maßangaben sollte das System dem Benutzer abnehmen. Graphikorientierung heißt außerdem, daß die Möglichkeit besteht, ein Programm sowohl satzweise als auch insgesamt als graphische Simulation ablaufen zu lassen, um es zu testen.

Unter **Prozeßorientierung eines CNC-Dialogsystems ist einmal die Unterstützung der Programmierung des Bearbeitungsablaufs** zu verstehen. In der Regel läßt die Erzeugung eines bestimmten Teils mehrere Möglichkeiten der zeitlichen Abfolge von Arbeitsschritten zu. Häufig existieren Handlungsstrategien mehrere Arbeitsfolgen (Handlungsstrategien), die zum gleich günstigen Ergebnis führen, besonders unter Berücksichtigung der individuellen Leistungsvoraussetzungen der Maschineneführer. Deshalb kann es zwar sinnvoll sein, wenn das System auf der Grundlage interner Wissensbasen Werkzeuge, Werkzeugmaße, Schnittaufteilungen, Reihenfolgen u.a. vorschlägt bzw. bei Eingaben von Bearbeitungsschritten und Prozeßparametern eine interne Plausibilitätsprüfung vornimmt. Dadurch darf der Benutzer jedoch nicht in eine bestimmte Reihenfolge gezwungen werden. Die Prozeßunterstützung des Dialogsystems **muß gewährleisten, daß die technologischen und Bearbeitungserfahrungen des Maschinenarbeiters bei der Programmierung gefordert und weiterentwickelt werden.** Der Widerspruch, der in dieser Forderung liegt, kann nur aufgelöst werden, wenn der Benutzer einerseits zwar vom System sooft wie möglich mehrere Alternativen geboten bekommt, **Entscheidungen über Technologie und Bearbeitungsreihenfolge aber grundsätzlich bei ihm bleiben.** Außerdem muß die Möglichkeit bestehen, eine Betriebsart zu wählen, in der Arbeitsabläufe ohne Systemvorschläge programmiert werden können (Expertenmodus für eine beschleunigte Programmerstellung): Es soll also mindestens zwei Betriebsarten: den Anfängermodus (menügesteuert, mit Systemvorschlägen) und den Expertenmodus (direkte Programmeingabe, ohne Systemvorschläge) geben.

Der **zweite Aspekt der Prozeßorientierung bezieht sich auf die Rückmeldungen über den Automatik-Betrieb**. Die Kenntnis der im System vorhandenen Teilfunktionen und deren Regeln reicht zwar aus, um einen spezifischen Prozeßablauf im Maschinenein analytisch erklären zu können. Wegen der Komplexität des Funktionszusammenhangs jedoch reicht sie zumeist nicht aus, um einen aus veränderten Eingangsbedingungen zu erwartenden Prozeßablauf oder die Auswirkungen einer beabsichtigten Parameteränderung mit der erforderlichen Genauigkeit abzuschätzen und entsprechend zu handeln. Dies genau aber ist in der betrieblichen Praxis (im Gegensatz zur wissenschaftlichen Analyse) erforderlich.

Zusätzlich zur Kenntnis der einzelnen Systemfunktionen und ihrer Zusammenhänge, wird in der betrieblichen Praxis die Fähigkeit benötigt, das Zusammenwirken der einzelnen Systemeigenschaften als Gesamtfunktion zu verstehen, um daraus handlungsrelevante Schlußfolgerungen zu ziehen. Dieses Verstehen wird zwar durch die Kenntnisse der einzelnen Eigenschaften erleichtert, ist aber nicht mit diesen identisch. Zu diesen Fähigkeiten gehören u. a.

- ganzheitliches Begreifen von Prozeßzusammenhängen,
- vorausschauendes Vorstellen von möglicherweise oder wahrscheinlich zu erwartenden Systemzuständen,
- **Erkennen von sich langsam verändernden Prozeßbedingungen,**
- **Erkennen von kritischen Systemzuständen,**
- **Unterscheiden von effektiven und weniger effektiven Maßnahmen** zur Verhinderung kritischer Systemzusammenhänge.

Die Möglichkeiten der direkten visuellen Beobachtung von automatischen Bearbeitungsprozessen sind bei der Verkapselung der Arbeitsräume von Maschinen nicht mehr gegeben. Hier bedarf es neuer **technischer Hilfen, die Prozeßdaten für den Maschinenarbeiter aufzubereiten, so daß er neue Erfahrungen machen kann**. Ob hierfür Visualisierungen bspw. von Körperschwingungen bzw. künstlich erzeugten Geräusche* oder die herangezogenen werden können, muß erst noch eingehend untersucht werden.

Darüber, wie diese Formen aussehen könnten oder aussehen sollten, sind noch wenig gesicherte Erkenntnisse vorhanden. Es ist aber sicher, daß die Forderung nach Erfahrungsmöglichkeit für computerinterne Prozeßabläufe und Prozeßparameter und die damit erforderlichen Prozeßtransparenz nicht nur die Gestaltung der Benutzeroberfläche beeinflusst, sondern weitreichende Konsequenzen für die Systemgestaltung weit unterhalb der Ebene der Benutzeroberfläche hat: Die Art der zur Datenverarbeitung verwendeten Algorithmen determiniert die mögliche Art der Prozeßvisualisie

rung. Eine nicht fest vorgeschriebene und kreative Wahl der "Untersuchungsmethode", allein schon die Möglichkeit von paralleler Darstellung unterschiedlicher Prozeßparameter stellen Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Anwendersoftware und der Betriebssysteme, die erheblich über das hinausgehen, was zur Erfüllung der funktionalen Anforderungen "an sich" erforderlich wäre.

Eine weitere zentrale Forderung zur Aufgabenangemessenheit und zur Unterstützung individueller Arbeitsstile **ist die Möglichkeit**, in CNC-Programme auf einfache Weise **Unterprogramme einbinden zu können**.

Ebenfalls eine wichtige Forderung an die Dialoggestaltung eines CNC-Systems ist der **problemlose Wechsel zwischen der Betriebsart "Programmbetrieb" und "Handbetrieb"**. Dieser soll sowohl in der Phase der Programmierung als auch während der Ausführung möglich sein. Somit lassen sich Arbeitsfolgen, die besonders handlungsorientierter Erfahrungen bedürfen, im Handbetrieb nach dem "Play back"-Verfahren leicht "programmieren" und als Unterprogramm in komplexere Bearbeitungsprozesse einbauen. An die Menüsteuerung sind grundlegend folgende Forderungen zu richten:

- daß sie in sich konsistent ist (wesentliche Grundfunktionen dürfen in verschiedenen Programmodi nur von einer Taste ausgelöst werden, z.B. Taste zur Veränderung der Vorschubgeschwindigkeit, Notausschalter),
- daß sie durchschaubar ist (der Benutzer muß wissen, (angezeigt bekommen), wo er sich befindet und welche Aktionen er in der gegebenen Situation auslösen kann), und schließlich;
- daß sie - unabhängig von der gegebenen Situation - eine überschaubare Anzahl von Grundfunktionen bietet, wie insbesondere: Stornieren der letzten Eingabe (Undo-Funktion), einfache Unterbrechungen des Programmablaufs sowie problemlose Wiederaufnahmemöglichkeiten am Unterbrechungspunkt, Abbruch der Ausführung, Vor- und Zurückblättern, direkte Anwahl einer bestimmten Maske, Aufruf von gestufte Hilfeinformationen u.a.m.

5.3 Optimieren des Aufgabenzuschnitts in der Werkstatt in vernetzten CNC/CAD-Strukturen

Die Programmierung von CNC-Werkzeugmaschinen setzt Prozeßwissen und subjektive Prozeßerfahrung voraus, die kaum als Regelwissen in Computersysteme transferierbar ist und deren Erwerb in wesentlichen Dimensionen nicht durch theoretische Wissensvermittlung ersetzt werden kann. Daher müssen zum einen die Prozesse und Arbeitsstrukturen so gestaltet werden, daß der Mensch dieses Wissen aufbauen und

nutzen kann. Zum anderen müssen die Wirkungen eigener Entscheidungen erfahrbar sein, wenn fachliche Handlungskompetenz aufgebaut werden soll.

Vor diesem Hintergrund sind technisch-organisatorische Strukturen, die planerisch-dispositive Tätigkeit von ausführenden trennen, weder geeignet bei dem, der die Entscheidung trifft, Erfahrungen zu erzeugen, noch bei dem, der nur ausführt. **Diese Einheit planerisch-dispositiver und ausführender Tätigkeiten ist an CNC-Werkzeugmaschinenarbeitsplätzen** dann gegeben, wenn die NC-Programmierung vom Maschinenarbeiter vorgenommen wird (Werkstattprogrammierung). Es ist allerdings unsicher, ob die technisch-wirtschaftlichen Argumente, die zugunsten der Werkstattprogrammierung sprechen (vgl. hierzu Punkt 4.2), künftig weiterhin Gültigkeit besitzen, und diese Strukturen damit weiterhin geschaffen werden. Der **Einsatz von CAD** und die **Nutzung von CAD-Daten zur Erstellung von NC-Programmen** für Werkzeugmaschinen werden mit Sicherheit zunehmen, da für die Programmierung von Werkzeugmaschinen gilt, daß sich durch CAD/NC-Kopplungen in vernetzten Systemen Programmierzeiten verkürzen lassen. Diese Kopplungen sind **bisher jedoch nur zwischen CAD-Systemen und zentralen rechnergestützten NC-Programmiersystemen** realisiert. Daher steht zu erwarten, daß die Programmieraufgaben kontinuierlich weiter in die Arbeitsvorbereitung oder im weitergehenden Fall (zumindest teilweise für die NC-Geometriedatenprogrammierung) in die Konstruktion verlagert werden.

Diese **Entwicklungen** sind jedoch **nicht zwangsläufig, sondern gestaltbar**. Die Gestaltungsaufgabe läßt sich dabei wie folgt umreißen:

Als alternative Konzepte gegenüber der Verlagerung der Programmieraufgaben in die Arbeitsvorbereitung oder die Planungsabteilungen sind **Systeme denkbar, bei denen CAD-Geometriedaten im Werkstattbereich abgerufen werden können** und z.B. durch den Einsatz von komfortablen graphisch-interaktiven Manipulationsfunktionen die ergänzenden Programmierfähigkeiten (Geometriedatenmodifikation, hinzufügen von Technologiedaten) unterstützt werden. Diese Konzepte erfordern jedoch zusätzliche Entwicklungsarbeiten an den Programmiersystemen selbst sowie an den Schnittstellen zwischen Programmiersystemen und den CAD-Systemen. Wenn es gelingt, solche Konzepte technisch zu realisieren und ihren Nutzen in praktischen Pilotanwendungen zu verdeutlichen, könnte die Werkstattprogrammierung von CNC-Werkzeugmaschinen und Industrierobotern auch unter Vernetzungsgesichtspunkten (CIM) dauerhaft wirtschaftlich legitimiert werden. Voraussetzung ist jedoch, daß der Entwicklungsvorsprung, den zentrale rechnergestützte NC-Programmiersysteme im Hinblick auf ihre Vernetzbarkeit zu CAD-Systemen gewonnen haben, schnellstmöglich aufgeholt wird. Um den skizzier-

ten Ansatz für Arbeitsplätze an CNC-Werkzeugmaschinenarbeitsplätzen zu realisieren, sind Konzepte zu entwickeln, mit denen durch die Nutzung von CAD-Informationen Schwächen des Menschen z.B. hinsichtlich der Bestimmung absolut festzulegender Prozeßparameter bei der Programmierung kompensiert werden können und gleichzeitig die Stärken des Menschen bei der Festlegung prozeßrelevanter Parameter, der Nutzung von Erfahrungswissen und der Schwachstellenanalyse voll genutzt werden. Hierzu müssen folgende Anforderungen an die technischen Systemkomponenten im Umfeld der CNC-Werkzeugmaschinen gestellt werden:

- Die im CAD-System generierten Geometriedaten müssen direkt in den Bedien-Terminals komfortabler Steuerungen verfügbar gemacht werden.
- Zusätzlich müssen im Werkstattbereich in räumlicher Nähe zu den CNC-Werkzeugmaschinen und Industrierobotern Programmierplätze geschaffen werden, von denen ebenfalls Zugriff auf CAD-Daten besteht, diese Arbeitsplätze müssen so eingerichtet sein, daß störende Umgebungseinflüsse (Lärm, Unterbrechungen etc.) nicht auftreten.
- Die Bedienoberfläche der Programmiersysteme, mit denen auf CAD-Daten zugegriffen werden kann, ist auf die Facharbeiterqualifikation abzustimmen. Dialoge mit dem System zur Übernahme der CAD-Geometriedaten müssen in der Landessprache des Maschinenarbeiters geführt werden können und die fertigungstechnischen Begriffe der Facharbeiter verwenden.
- Vom Programmierplatz im Werkstattbereich muß nicht nur ein Zugang zu den CAD-Geometriedaten, sondern auch zur NC-Programmverwaltung gegeben sein.
- Im NC-Programmiersystem generierte Werkstückgeometriedaten müssen auch im CAD-System verwertbar sein.

Um diese Anforderungen einzulösen, sind auf der Basis einer Analyse von z.Z. genutzten, sich in Entwicklung befindlichen sowie generellen Möglichkeiten technischer Systeme einerseits sowie der z.Z. vorherrschenden und denkbaren betrieblichen Programmierpraxis und Arbeitsstrukturierung andererseits Pflichtenhefte zu entwickeln, aus denen hervorgeht.

- welche Informationen aus CAD-Systemen Facharbeiter benötigen,
- wie diese Informationen aufbereitet und dargestellt sein sollten,
- welche Arbeitsschritte auf diesen Informationen aufbauen und damit
- welcher Gestaltungsspielraum den Arbeitskräften in der Werkstatt für das Arbeiten mit den von ihnen abrufbaren Daten einzuräumen ist.

Diese Ausformulierung von Pflichtenheften wird deutlich machen, welche CNC- bzw. CAD-Systemangebote sich mehr oder weniger gut für eine facharbeiterorientierte CNC/CAD-Vernetzung eignen, welche Anbieter einer solchen Lösung aufgeschlossen gegenüberstehen und mit welchem Aufwand prototypische Realisierungen von CNC/CAD-Verbindungen jeweils verbunden wären. Eine modellhafte Erprobung der CNC/CAD-Verbindung im praktischen Einsatz bei mehreren Anwenderunternehmen von CNC-Werkzeugmaschinen würde die Chance bieten,

- Demonstrationsobjekte zu schaffen, die die Machbarkeit des Alternativkonzeptes im praktischen Betriebsalltag nachweist,
- aus der Einsatzerfahrung die Wirtschaftlichkeit der Lösung quantitativ zu belegen sowie auch nicht zuletzt
- die Qualifikationssicherung (Erfahrungserwerb und -anwendung) auch in rechnerintegrierten Lösungen direkt zu praktizieren.

5.4 Ausweitung des Aufgabenzuschnitts in der Werkstatt durch vernetzte Strukturen der Auftragsabwicklung und Kapazitätsauslastung (CNC/PPS-Koppelung)

Um die betriebswirtschaftlichen Ziele nach hoher Kapazitätsauslastung, kurzer Durchlaufzeit, Termintreue und niedriger Lagerbestände sowie eine gleichzeitig Anreicherung der Tätigkeit des CNC-Maschinenarbeiters im Sinne der Abforderung und Erweiterung seiner Planungserfahrungen zu realisieren, empfiehlt sich die Integration von Funktionen der Werkstatt (fein)disposition in die CNC-Steuerung bzw. den maschinennahen Arbeitsplatzrechner. Die Ausgangsüberlegung ist, daß die Auftragsreihenfolgeplanung häufig in kundennahen Fertigungsbetrieben auch bei zentralen Terminplanungssystemen in der Werkstatt an den Werkzeugmaschinen durchgeführt wird. Insbesondere in Kleinbetrieben bzw. bei einer flexiblen Auftragsstruktur mit kleinen und mittleren Serien sind solche Entscheidungsstrukturen anzutreffen, unter Bedingungen also, wie sie z.B. oft im Werkzeugbau bzw. in der Betriebsmittelfertigung bestehen.

Technische Voraussetzung wäre die **Integration eines Werkstattsteuerungsmoduls in die CNC-Steuerung bzw. in den Rechner des maschinennahen NC-Programmiers Arbeitsplatzes und dessen Vernetzung entweder mit einem Produktionsplanungs- und steuerungssystem auf einem zentralen Rechner oder mit einem EDV-unterstützten Fertigungsleitstand**, um den Zugriff auf zentrale Auftragsdaten zu ermöglichen. Genauso wie bei einem separaten Werkstattsteuerungs- und Dispositionssystem könnten

Auftragsbestände für einen abgegrenzten Zeitraum mit jeweiligen Soll-End-Termin an die CNC-Arbeitsplätze bzw. den maschinennahen Arbeitsplatzrechner übertragen werden. Mit diesen Aufträgen könnten **außerdem** alle übrigen Planungsunterlagen (**Geometriedaten, NC-Programme, Arbeitspläne, Werkzeuglisten, Aufspannpläne u.a.**) gemeinsam in die Werkstatt geliefert werden. Fertigungstechnische Gesichtspunkte der Auftragsreihenfolgeplanung, z.B. Aufspannsituationen, Ausnutzung besonderer Maschinenzustände, Minimierung von Rüstzeiten etc. könnten optimal zur Geltung kommen, denn in der Werkstatt sind immer aktuellere Informationen im Sinne optimaler Betriebsmittelnutzung und Auftragsflexibilität für solche dispositiven Entscheidungen gegeben, als in zentralen Planungsabteilungen. Fertigungsnah wird entschieden, in welcher Reihenfolge im Rahmen eines vorgegebenen Auftragsprogramms die Aufträge abgearbeitet werden. Diese Organisationsform folgt dem Grundsatz, die Entscheidungskompetenz so nah wie möglich an den Ort der Arbeitshandlung zu legen, damit kunden- bzw. auftragsgerecht und flexibel gefertigt sowie alltäglich vorkommenden, nicht vorhersehbaren Unregelmäßigkeiten und Störungen kurzfristig entgegengewirkt werden kann.

Die zentrale Produktionsplanung und -steuerung oder der Fertigungsleitstand bekommt als Rückmeldung aus der Werkstatt **Auftragserfertigmeldungen** sowie Informationen über sich **anbahnende Kapazitätsengpässe**, die zu Überschreitungen von vorgegebenen Endterminen führen können. Damit lassen sich auf zentraler Ebene organisatorische Maßnahmen ergreifen, die die Zielkonfiguration der Produktionsplanung und -steuerung einzuhalten versuchen.

Eine daraus resultierende Betriebsstruktur ermöglicht ein dynamisches Verhalten und läßt sich als System aus gestuften Informationsregelkreisen definieren, die im Rahmen ihrer aufeinander abgestimmten Kompetenzen auftretende Störungen ausgleichen, z.B. mit dem Ziel, Aufträge termingerecht zu bearbeiten (vgl. H.H. Beier, 1989, Lit. G).

Dieser regelkreisorientierten Betriebsstruktur muß das zu realisierende Rechnerkonzept entsprechen: **den einzelnen Informationsregelkreisen muß ein eigener Zugang zur Rechnerleistung zur Verfügung stehen** und neben nur im Regelkreis benötigten und zu verarbeitenden Informationen müssen die Regelkreise auch Zugang zu Informationen bzw. Datenbeständen übergeordneter Rechneranwendungen haben. Sie erfassen und verwenden sie betreffende Daten eigenverantwortlich und **geben in periodischen Abständen** (z.B. Tages-, Schicht-, Wochenende) **verdichtete Daten an zentrale Einrichtungen** weiter. Ebenso **tauschen sie untereinander selektierte und verdichtete Daten** aus (vgl. G. Spur/G. Seliger 1983, Lit. G). Auf diese Weise werden die Daten in dem relevanten Kontext (Erfahrungshintergrund) geprüft, **so daß die zentralen Einrichtungen aktuelle und zuverlässige Daten erhalten.**

In diesem Zusammenhang bedarf es weitergehender Forschungen wie Feinplanungs- und steuerungsaufgaben wieder an die Stellen im Unternehmen verlagert werden können, wo Kompetenz und Erfahrung über die Aufgabe zu erwarten sind, nämlich dezentral bei den Arbeitskräften in der Werkstatt. Eine entsprechend ausgelegte Struktur "kleiner Regelkreise" im dezentralen Bereich ermöglicht aufgrund der kürzeren Informationswege eine sehr viel flexiblere und schnellere Reaktion auf "Problemsituationen", wie z.B. Maschinenausfälle, Materialengpässe, Auftragsänderungen, etc. . Unter dem Aspekt der Anwendung und besseren Nutzung von Erfahrungswissen (z.B. über Durchlaufzeiten, Qualifikationen, Neigungen von Mitarbeitern, Einsatz von Maschinen, etc.) gestaltete technische Komponenten müssen die Arbeit vor Ort unterstützen. So daß z.B. beim Ausfall einer CNC-Werkzeugmaschine die Umplanung der auf dieser Maschine eingeplanten Arbeitsgänge adäquat unterstützt wird. Und zwar so unterstützt, daß die Facharbeiter ihr Erfahrungswissen zur Problemlösung einbringen, neues Wissen erlernen können, und das System ihnen in Entscheidungssituationen die Konsequenzen ("Was wäre, wenn") ihrer Arbeit, wie auch die Zielerreichung, aufzeigen. Zwar kommen erste Ansätze für die Entwicklung entsprechender dezentraler Unterstützungskomponenten für die Feinplanung und -steuerung auf den Markt (sog. "Leitstandsysteme"), sie sind jedoch noch nicht für die Belange erfahrungsgeleiteter Arbeit in der Werkstatt geeignet.

Deshalb sind Untersuchungen über charakteristische Arbeitsabläufe zur Werkstattsteuerung und die prototypische Realisierung von Unterstützungssystemen für typische Entscheidungssituationen unter dem Aspekt der Nutzung alten und des Erlernen neuen Erfahrungswissens erforderlich.

5.5 Unmittelbare Prozeßtransparenz und direkte Prozeßregulation als noch wenig entwickelte technische Systemkomponenten zum Erwerb von Erfahrungswissen

Die **Kapazitätsauslastung** kapitalintensiver NC-Technik hat für die Fertigung ihre hohe Bedeutung beibehalten. Die aktuellen technischen Entwicklungen orientieren dazu auf den vermehrten **Einsatz rechnergestützter Simulations-, Diagnose-, Identifikations- und Korrektursysteme** als integrierte Baustein bzw. Leistungsmerkmale der NC-Systemtechnik (H.B. Kief, H.B. 1988, Lit H).

Diese wissensbasierten Systemkomponenten, Prozeßmodelle und programmierten Algorithmen sind zwar für die bekannten physikalisch-mathematisch beschreibbaren Prozeßzustände und -abläufe nützlich. Sie ermöglichen die weitgehend automatische Prozeßregulation in deterministischen Prozeßphasen. Aber sie unterstützen den Benutzer zur Beherrschung realer Prozeßabläufe nicht ausreichend, da sie die ge-

genüber den Prozemodellen weitaus komplexere Realität der Prozeßabläufe in der Bearbeitungsmaschine nur unzureichend durchschaubar auf der Benutzungsoberfläche abbilden (P. Brödner, 1986, Lit G).

Die eigentlichen Ursachen für vermeidbare Systemausfälle, Ablaufstörungen bzw. Maschinenstillstände liegen oftmals tiefer in den Unzulänglichkeiten der Prozeßinstrumentierung, der Prozeß- und Signalanalyse bzw. der Modellierung des realen Prozeßverlaufes. Unbekannte, erstmalig oder stochastisch auftretende Zustände oder andere Irregularitäten im Bearbeitungsprozeß sind mit der heute verfügbaren Sensorik oder simplifizierten Prozeßmodellen nur begrenzt oder fehlerhaft interpretierbar (BMFT PT-FT 1988; P. Strauß, 1987, Lit H).

Die heutigen Entwicklunen der NC-Technik orientieren vorrangig auf den Einsatz von Software-Hilfen für die Planung und Steuerung der Fertigungsaufträge, die NC-Programmierung, die Simulation von Prozessabläufen sowie die Diagnose von Störungen. Aufgrund der Grenzen bei der Modellierung des Bearbeitungsprozesses wie auch der Prozeß- und Signalanalyse, die sowohl im methodischen als auch im messtechnischen Bereich liegen, bleiben diese **Hilfen auf die Interpretation der definierten Prozeßparameter und der diesbezüglichen Daten-Modelle begrenzt**. Mit der Tendenz kleinerer Losgrößen und zunehmender Variantenzahlen im Teilespektrum, wie auch der hohen Innovationsrate bei Technologie- und Verfahrensparametern der Bearbeitung (- Material- und Werkzeugeigenschaften, Mehrachsen- und Komplettbearbeitung in einer Aufspannung, etc.) - reduziert sich die Interpretationsgewissheit bei der Signal- und Prozessanalyse.

Im Aufgabenspektrum des NC-Benutzers sind drei Anforderungen zu unterscheiden, auf deren Unterstützung die Entwicklungen der NC-Technik hinzielt:

- die Geometriebeherrschung
- die Technologiebeherrschung und
- die Prozeßbeherrschung.

Grundsätzlich ist festzustellen, daß die NC-Entwicklung gegenwärtig dem Benutzer wohl eine große Bandbreite an Hilfen für die Geometriedatenerstellung im Vorfeld der NC-Bearbeitung zur Verfügung stellt. Hilfen für die Technologiebeherrschung begrenzen sich dagegen noch auf wenige neue NC-Leistungsmerkmale, wie beispielsweise Technologieprozessoren oder die Werkzeugverwaltung.

Insbesondere sind **für eine unmittelbare Prozeßbeherrschung Hilfen wie Simulationsprogramme** (primär für die Absicherung hinsichtlich der Richtigkeit von NC-Programmen entwickelt) **als Ersatz für die direkte Einsichtnahme in den Arbeitsraum** der

Werkzeugmaschine nur **wenig geeignet**. Der Trend hin zu weitgehend verkapselten Maschinen, die die unmittelbare visuelle, akustische oder taktile Wahrnehmung der stofflichen Bearbeitung am Werkstück einschränken, erschwert die Prozeßbeherrschung zusätzlich (F. Böhle, 1988, Lit. B).

Gleichzeitig ist die **vorhandene Meßinstrumentierung** an heutigen Werkzeugmaschinen **nur unzureichend in der Lage**, den **realen Prozeßablauf auf der NC-Benutzungs-oberfläche** entsprechend dem Erfahrungswissen wie auch den Erwartungen und den fachlichen Voraussetzungen bzw. den Regulationsaufgaben der NC-Benutzer **abzubilden**. Umgekehrt kann vorhandenes Erfahrungswissen verkümmern oder wird realitätsverfremdend, d.h. auf reduzierten Prozeßabbildern gründend, aufgebaut. **So wirkt eine unzureichende Prozeßbeherrschung zurück und unterminiert Optionen in der Technologiebeherrschung**, indem beispielsweise die Auswahl von Technologieparametern mangels Erfahrung der Benutzer nicht optimal ausgefüllt werden können.

In diesem Problemfeld sind **zwei Lösungsstrategien** zu unterscheiden, die dazu beitragen, die Aufgaben der Technologie- und insbesondere der Prozeßbeherrschung gleichgewichtig zur Geometriebeherrschung zu fördern.

Eine Strategie beinhaltet den weitergehenden Einsatz von technischen Funktionsmodulen, wie beispielsweise **Expertensysteme für Geometrie-, Technologie- und Prozeßaufgaben**, und erweiterte Meßinstrumentierungen zur automatischen Regulation und Sicherung des Bearbeitungsprozesses (G. Warnecke, 1988, Lit I).

Die andere Strategie besteht darin einen **grundsätzlich anderem Gestaltungsansatz für die computerintegrierte Produktion** zu verfolgen, in welchem bereits im **System-Design** und in der Folge auch **in der Spezifikation technischer Leistungsmerkmale von Systemkomponenten und -funktionen die Stärken des menschlichen Experten mit seinem Erfahrungswissen als Leistungsmerkmal eingeplant sind**, woraus sich Anforderungen an die Gestaltung einer erweiterten Prozessinstrumentierung ableiten.

Im zweiten Ansatz ist der **erfahrene Benutzer nicht mehr nur kompensierende Restgröße in einer Fertigungskonzeption**, die auf die weitergehende Automatisierung hinausläuft, **sondern erhält weitgehende Systemunterstützung bei der Verfolgung und Beherrschung des realen Bearbeitungsprozesses**, der NC-Werkzeugmaschine bzw. Fertigung und letztlich auch der Auftragsplanung und -steuerung in der Werkstatt.

Die bekannten technischen Hilfsfunktionen der NC-Technik tragen heute zu einem gewissen Anteil sicherlich zur Erhöhung der technischen Verfügbarkeit bei. Gleichzeitig korreliert damit aber auch eine erhöhte Arbeitsteilung in der Werkstatt, indem die

Aufgaben der Planung und Steuerung, der Programmierung und des Service als Folge der spezifischen technischen Anforderungen neu besetzt werden. Zudem erweist sich **beim Stand heutiger Technik**, daß die erwähnten **technischen Hilfsfunktionen** mehr für theoretisch fundiertes Spezialwissen geeignet sind und weniger den fachlichen Anforderungen der NC-Benutzer entsprechen. Sie sind im Regelfall entsprechend den genormten Definitionen und Darstellungen **für technische Fachkräfte oder Spezialisten** und deren spezielle Aufgaben in der Mikroperipherik, der Meß-, Steuer und Regelungstechnik (MSR), der speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS), der numerischen Steuerung oder allgemein der Mikroelektronik, Pneumatik und Hydraulik an Werkzeugmaschinen gestaltet. Das **NC-System** als Ganzes steht aber dem Wahrnehmungs- und Kommunikationsvermögen, d.h. der Kompetenz des **Werkstattpersonals** **eher intransparent** und nur durch selektive Arbeitstätigkeiten beeinflusbar gegenüber.

Das durch praktisches Handeln erworbene **Erfahrungswissen** des Werkstattpersonals verkümmert. Es **reduziert sich zu einem Erklärungswissen** hinsichtlich der symbolischen **Anzeigen der NC-Steuerung**, die nur in sehr begrenztem Umfang die Verfolgung realer Prozeßabläufe durch den Benutzer zulassen. Eine **Unterstützung zur vor-ausschauenden Identifikation** möglicher Irregularitäten, wie beispielsweise die **Anbahnung von Störungen**, das **Driften in Maß-Toleranz**, **Veränderungen in der Span-form und -farbe, etc.**, und die präventive Regulation zur Verhinderung von Störungen **ist dabei kaum gegeben**. Damit stellt sich die Frage der werkstattorientierten Arbeits- und Technikgestaltung in Richtung der NC-Technik nicht mehr nur auf der horizontalen Ebene der Programmierung bzw. **Geometrie- und Technologiebeherrschung**. Gleichgewichtig gilt es, die vertikale **Durchschaubarkeit des NC-Systems für die Prozeßbeherrschung aus der Perspektive des Benutzers** bzw. der Werkstatt zu erkunden. Ebenso sind relevante Beschreibungsobjekte und NC-unterstützte Darstellungsformen für die Verfolgung realer Prozeßabläufe zu identifizieren. Davon abgeleitet läßt sich i.S. einer dynamischen Arbeitsgestaltung der Beitrag von Systemspezialisten situativ und kompetenzgesteuert optimieren. Letztlich resultieren daraus **technische Gestaltungsansätze für die maschineninternen Verfahrensabläufe, die NC-Komponenten (Sensorik, Aktorik, SPS, CNC, DNC), und die Schnittstellen und Kopplungssysteme einer NC-Technik**, die die unmittelbare Prozeßtransparenz und direkte Prozeßregulation in werkstattorientierten und werkstatttransparenten CIM-Architekturen fördern.

Zukünftige Steuerungskonzepte für NC-Maschinen lassen im wesentlichen zwei Entwicklungslinien erkennen. Auf der einen Seite fördert die zunehmende Differenzierung von Prozeßmodellen in Verbindung mit leistungsfähigen Hardware- und Softwa-

re-Komponenten der NC-Steuerung die automatische Technologie- und Prozeßbeherrschung mit Expertensystemen für deterministische, algorithmisierbare Prozeßfunktionen.

Auf der anderen Seite kann eine **Entwicklungsperspektive** ausgefüllt werden, die **mit Hilfe einer erweiterten Meßinstrumentierung und differentiellen Abbild-Systematik** von Prozeß- und maschineninternen Abläufen die Verfolgung und **Regulation realer Prozesse durch den NC-Benutzer** unterstützt. Damit kann der **langfristige Aufbau von Erfahrungswissen** über die stoffliche Bearbeitung und Handhabung des Arbeitsmittels durch die Optionen der Transparenz und des benutzer-gesteuerten Durchgriffes gesichert werden.

Insbesondere in den Phasen der Produktion, in denen die Wissensbasis von Expertensystemen noch nicht ausreichend gewiss ist, erlangen die Fähigkeiten des menschlichen Experten in der Werkstatt hohe Anerkennung.

Unter der Annahme, daß die Marktentwicklung hin zu hoher Variantenzahl und kleinerer Losgröße zukünftig anhält, wird der Beitrag dieser Grundlast nicht algorithmisierbaren Produktionswissens sicherlich noch bedeutsamer werden. Im Trend hin zu wissensbasierten Systemen kann demzufolge ein dieses Erfahrungswissen respektierendes Leistungsmerkmal von NC-Steuerungen den Beitrag erfahrungsgeleiteter menschlicher Expertisen sichern.

Die Klärung folgender forschungsleitender Fragen kann zur Konzeptionierung zukünftiger erfahrungswissens-orientierter NC-Leistungsmerkmale beitragen:

Welche Vorgänge im Bearbeitungsprozeß wie auch innerhalb der NC-Systemtechnik und Werkzeugmaschine haben Bedeutung für die Durchschaubarkeit komplexer NC-gesteuerter Produktion?

Welche Prozeßinformationen sind für das erfahrungsgeleitete Arbeitshandeln des Maschinenpersonals relevant?

Welche aktuellen und zukünftigen technischen Komponenten der NC-Systemtechnik bestimmen mit welchen Leistungsmerkmalen und Entwicklungstrends die Transparenz realer Prozeßabläufe?

Welche Anforderungen an technische Entwicklungen sind als Ergänzung zu traditionellen Expertensystemen für die Unterstützung des menschlichen Experten zu stellen?

Welche arbeitsorganisatorischen und qualifikatorischen Alternativen leiten sich aus einem solchen Beitrag der Technikgestaltung ab?

5.6 Förderung interaktiver Kommunikationsstrukturen durch entscheidungsorientierten Datenfluß auf der Basis verteilter Datenhaltung und Benutzerbeteiligung bei der Systementwicklung

Wesentliche Voraussetzung für die rechnerintegrierte Fertigung ist der rasche und sichere Datenaustausch zwischen den verschiedenen Systemkomponenten. Da CAD-Systeme, CAM- und PPS-Systeme sowie CNC-Werkzeugmaschinen nur über herstellerspezifische Schnittstellen verfügen, ergeben sich schwierige Probleme für die technische Kommunikation.

Wie eine Studie über den Absatzmarkt für lokale Rechnernetze bei Fertigungsbetrieben in den USA zeigt, wächst der Markt für lokale Rechnernetze (LAN) gegenwärtig nur mäßig, wird aber voraussichtlich durch Fortschritte bei Hard- und Software sowie Absprachen hinsichtlich der Normierung Anfang der 90er Jahre erheblich an Wachstum zulegen. Zu den Fortschritten der Hardware zählen nach dieser Studie der verbreitete Einsatz der Bus-Topologie für die Verknüpfungskonfiguration, der Einsatz von Koaxialkabeln als Medium für Breitbandübertragungen und die Token-Passing-Zugriffsmethode für die Weiterleitung von Signalen an Ringnachfolger. Als Fortschritt in Bezug auf die Software und die Entwicklung geeigneter Netzbetriebssysteme werden Systeme wie "Arcnet", "Data-Highway", "Decnet" und "Ethernet" gewertet (vgl. "LAN in Sicht", in: CIM, 1, 1989).

Die weitere Verbreitung von LAN's wird vor allem von den Absprachen über Kommunikationsprotokollverfahren abhängen. Hier ist die Entwicklung nicht abgeschlossen.

Gegenwärtig populär ist das ISO-Referenzmodell für offene Kommunikation (OSI), bei dem 7 Schichten der technischen Kommunikation unterschieden werden. Für jede Schicht werden Standards definiert.

ISO-Schichten	Aufgabe
Schicht 7 : Anwendungsschicht	Schnittstelle für die Anwender-Prozesse, die Services wie Transfer von Dateien und Jobs, virtuelle Terminal und spezielle Protokolle zwischen Prozessen beinhaltet
Schicht 6 : Darstellungsschicht	Bildet die Schnittstelle zu der lokal verwendeten Syntax, Anpassung/Umwandlung von Formaten, Kodierung in ein Übertragungsformat
Schicht 5 : Kommunikationssteuerungsschicht	Synchronisation und Verwaltung (Einrichten, Wiederaufsetzen) von Verbindungen
Schicht 4 : Transportschicht	Schnittstelle zwischen Anwendung und Netzwerk, führt eine Flußkontrolle durch, multiplext mehrere Verbindungen
Schicht 3 : Netzwerkschicht	Protokollanpassung zwischen verschiedenen Netzen, Routing permanent für jedes Paket, oder Festlegung einer virtuellen Verbindung, multiplext Schicht 2 Verbindungen
Schicht 2 : Sicherheitsschicht	Fehlererkennung, Transfer zwischen topologisch benachbarten Knoten, Medienzugang
Schicht 1 : Bitübertragungsschicht	Übertragungstechnologie, bitserielles Übertragung und Empfangen von Paketen

ISO-Referenzmodell

Für die dritte Schicht ist vor allem das von General Motors angestoßene Kommunikationsprotokoll MAP hinsichtlich rechnerintegrierter Fertigung bedeutsam, daß sich gut mit dem für das technische Büro bedeutsamen Kommunikationsprotokoll TOP durch einen Router verbinden läßt. Eine weitere gute Verknüpfungsmöglichkeit ist mit dem Protokoll "MiniMAP" durch ein Gateway gegeben, das für den unmittelbaren Prozeßbereich eingesetzt werden kann.

Für jeden Betrieb, der rechnerintegrierte Fertigung anstrebt, wird es in **Zukunft** darum gehen, eine **hinsichtlich der notwendigen betrieblichen Informations- und Datenflüsse angemessene Kommunikationsarchitektur** zu entwickeln, wobei die Kommunikationsarchitektur als Gesamtheit **aller Regeln** zu verstehen ist, **nach denen der Informationsaustausch** erfolgt (vgl. H. Hug, 1988, S. 119). Zur Sicherung des Informationsaustausches ist eine angemessene Kommunikationsinfrastruktur zugrunde zu legen, wobei diese als technische Voraussetzung für den Datenaustausch auf allen 7 Schichten anzusehen ist. (vgl. R. Eggerding, 1988, S. 15).

Die Überlegungen für logisch abgeleitete Informationsflüsse und hierfür geeignete physikalisch gesicherte Datenübertragung bei rechnerintegrierter Fertigung werden gegenwärtig mit Tempo vorangetrieben.

Inwieweit sich diese Sicht- und Vorgehensweise auf die Funktion interpersoneller Kommunikation zwischen Mitarbeitern für die täglich notwendige Abstimmung und Zusammenarbeit oder auf die Motivation **auswirkt**, wird **dagegen gegenwärtig völlig unzureichend untersucht**. Der **Mitarbeiter** wird allenfalls **bei der siebten Schicht** des ISO-OSI-Modells mitgedacht, da er **als Benutzer** die Anwendungen dieser Schicht bedient.

Im Sinne der Systemmodelle ist er aber nur eine "Quelle oder Senke" von Informationen. Kennzeichnend ist hier eine Auffassung, daß die **eigentliche Schwachstelle** hinsichtlich der Informationssicherheit der Mensch ist und ein technisches System wie ein LAN nur schwerlich in der Lage ist, "sich gegen alle Angriffe zu schützen, die von Seiten des Menschen geführt werden" (vgl. u.a. F. J. Kauffels, 1986, S. 85).

Unbestreitbar bedarf es sicherer Datenübertragung. Dennoch sollte gefragt werden, ob diese Ansicht, daß Systeme "menschensicher" sein sollten, die Möglichkeit **verstellen, die Funktion interpersoneller Kommunikation** zu erkennen.

Diese Funktion besteht darin, Informationen, wie sie auf der 7. Schicht gehandhabt werden, durch **Bewertung "zuverlässiger " Mitarbeiter "Gewißheit" zuzuschreiben**. Diese "gewissen" Informationen, mit deren Gültigkeit sich auch die "Zuverlässigkeit" von Mitarbeitern bestätigt, sind **Grundlage für die Übernahme von Verantwortung in arbeitsteiligen Systemen**. Auf diese kommt es letztendes aber genau an, wenn in **integrierten Systemen parallel und zeitversetzt an gemeinsamen Aufgaben gearbeitet wird**.

Auch für Optimierungsaufgaben und in Stör- und Engpaßsituationen, in denen schnell gehandelt werden muß, **helfen bewertete Informationen in vielen Fällen weiter als spezifische Planrechnungen**, die lediglich eine im Modell ermittelte (häufig vorkommende) Alternative aufzeigen.

Eine entsprechend einem Modell edv-mäßig geprüfte Information hat Gültigkeit innerhalb des repräsentierten Sachgebietes. Sind nicht alle Änderungen von Sachverhalten, z.B. bei Störungen oder Fehlentwicklungen in einem Sachgebiet, formal erfaßt, so sinkt bei Abweichungen von den vorgegebenen Parametern die Güte der Gültigkeit von Aussagen. Weiter fällt bei jeder Informationstransaktion von ein-

emSachgebiet zu einem anderen ebenfalls die Güte der Gültigkeit, da die Kontexte unterschiedlich sind. Es kommt somit unweigerlich zu einer Kaskade des Verlustes von Gültigkeit.

Sicherlich werden Expertensysteme in Zukunft die Entscheidungsfindung in einzelnen Sachgebieten erleichtern helfen. Aber: Ist ein Optimieren in einem Sachgebiet zu finden, in dem bei Faktenänderungen die Sachverhalte zu variieren sind, kann ein Durchspielen aller Möglichkeiten relativ aufwendig sein und Reaktionen verzögern. Offenbar haben Spezialisten eine geordnete Menge von Fallbeispielen verfügbar und können Unterschiede zwischen diesen Fallbeispielen für die Abschätzung eines neuen Falles heranziehen (vgl. auch R. Peters, 1988, S. 269 und S. 311).

Ist das Gesamtoptimum aus mehreren Sachgebieten zu ermitteln, nimmt die hier genannte potentielle Schwierigkeit erheblich zu. Fragen Spezialisten sich untereinander ab, geschieht diese Abfrage auf ihren durch verfügbare Fallbeispiele geordneten Hintergründen. Da es um Rangordnungen geht, die je neuem Fall umgestellt werden können, bestehen hier prinzipielle Grenzen der Algorithmisierung.

Durch die Erfahrung im konkreten Umgang mit Menschen werden diese von einer Person hinsichtlich der Glaubwürdigkeit ihrer Auskünfte und Überlegungen eingestuft. Kombiniert eine Person die Aussagen mehrerer in Bezug auf die geschätzte Gewißheit, kann sie ein Kalkül hinsichtlich der Glaubwürdigkeit erstellen und entsprechend handeln. Insbesondere bei schnellen Reaktionen mit unzureichender Faktelage oder Verhalten mit hohem Risiko schafft sich eine handelnde Person so die größte noch beschaffbare Sicherheit. Werden ihr diese Wege abgeschnitten, muß es zu Verlusten an Reaktionsschnelligkeit und Einsatzfreudigkeit kommen.

Für computergestützte erfahrungsgeleitete Arbeit mit vernetzten Systemen ergeben sich aus den vorherrschenden technischen Entwicklungstrends und der weitgehenden Ausblendung der Funktion menschlicher Kommunikation erhebliche Konsequenzen:

- Durch den Ausbau technischer Kommunikationssysteme nehmen die nur über technische Medien von Menschen kontrollierbaren Arbeitsabläufe zu.
- Mit dem Hinweis auf Datenschutz- und Datensicherheitsproblematik werden vermehrt Organisationskonzepte zur Zentralisierung wesentlicher betrieblicher Funktionen vorangetrieben.

- Entscheidend jedoch ist, daß die technische Kommunikation die menschlichen Informationsverarbeitungsmöglichkeiten nicht integrieren kann. Den sieben Schichten des ISO-OSI-Kommunikationsmodells fehlt die entscheidende achte Schicht, wo ein inhaltlicher Informationsaustausch, also Kommunikation im eigentlichen Sinne, stattfindet (vgl. hierzu "Hoffen auf OSI- Mühsamer Weg zu Kommunikationsstandards. in: Diebold Deutschland GmbH (Hrsg.), Diebold Management Report Nr. 4, 1986).

Diese achte Sicht beinhaltet die Bewertungen von Informationen u.a. der siebten Schicht. Nicht alle Informationen haben aufgrund der Erfahrung die gleiche Gültigkeit und Verlässlichkeit. Dementsprechend werden die Risiken anders eingeschätzt, was wiederum auf die Bereitschaft zur Übernahme von Verantwortung einwirkt.

In einem arbeitsteiligen System kommt es aber gerade darauf an, daß verlässliche Informationen entstehen und weitergegeben werden und Verantwortung im jeweiligen Arbeitsbereich übernommen wird.

Für die Auslegung der Kommunikationsarchitektur und für die Kommunikationsinfrastruktur ergeben sich zwei grundlegende Schlußfolgerungen.

Die Kommunikationsarchitektur sollte sowohl nach der Logik aufeinander bezogener Informationsregelkreise für Entscheidungsbereiche wie auch nach der Logik fallweiser und gruppenorientierter Zusammenarbeit gebildet werden.

Die Entscheidungsbereiche stellen dann ein überschaubares Segment für Erfahrungserwerb und -nutzung dar. Die fallweise und gruppenorientierte Zusammenarbeit wird zu einem wesentlichen Prinzip für Erfahrungserwerb und -nutzung, das neben dem Einsatz von individuell anwendbaren Entscheidungsverfahren eingreift.

Weiterhin ist zu erwägen, ob die Informationsflüsse innerhalb eines Segmentes und zwischen ihnen durch "Sollbruchstellen" für eine kooperative Überprüfung nach festgelegten Sequenzen oder Perioden unterbrochen werden sollten, um eine Bewertung vorzunehmen.

In diesem Zusammenhang ist auch zu überlegen, ob neben edv-gestützten Medien andere Medien bei dieser Prüfung Verwendung finden sollten, z.B. neben elektronischen Plakaten durch Papiere mit Steuergrößen oder Handakten, die unabhängig von der EDV gehandhabt und bei Zusammenkünften bearbeitet bzw. ausgetauscht werden könnten. Dadurch könnte auch der Neigung entgegengekommen werden, Arbeitsergebnisse im Sinne von "Produktionsstolz" und zum Nachweis der eigenen Leistungsfähigkeit bzw. Fehlerlosigkeit individuell nachweisbar zu dokumentieren.

Damit ergäben sich allerdings zusätzliche Anforderungen an die Kommunikationsinfrastrukturen. Die "achte" Schicht würde mit gesonderten Medien arbeiten, Informationen würden nur selektiert in die siebente Schicht eingelesen. Die Schichten 3 bis 6 müßten eine parallele Bearbeitung von Daten an verschiedenen Stationen zulassen, wobei neben errechneten Daten auch durch Bewertung markierte Daten für jeweilige Bewertungsperioden Verwendung fänden. Auf diese Weise ergäben sich zentrale und dezentrale Datenbestände, die in geregelten Abständen abzugleichen wären. Weiter bildeten sich aber auch Bestände errechneter Daten wie durch Bewertung markierter Daten auf zentraler und dezentraler Ebene als technisch vermittelter "Erfahrungsschatz". Entsprechend wäre die Durchgängigkeit der Systemumgebung von CNC-Werkzeugmaschinen zu konzipieren.

Forschungen über die hier angeschnittenen Fragen des Einbezugs neuer Medien für die Kooperation sowie neuer Formen der Datenverarbeitung mit markierten Daten fehlen noch weitgehend. Um dem Aspekt Erfahrungsaustausch fördernder Kommunikationsstrukturen nachzukommen, gibt es gleichwohl schon gegenwärtig praktikierbare Ansätze. Dazu gehören die Einführung des Prinzips der Gruppenarbeit und die Beteiligung von Mitarbeitern bei Prozessen der Systementwicklung.

Infrastrukturen menschlicher Kommunikation bestehen aus dem Geflecht von arbeitsablaufbestimmten Zusammenarbeit, praktizierenden Arbeitsgruppen, für spezielle Aufgaben zusammengesetzten, meist befristeten Projektgruppen, die in vereinbarten Abständen tagen, nach Übereinkunft tagenden Koordinierungsgruppen und frei gewählten informellen Zusammenschlüssen von Mitarbeitern eines Betriebes.

Als entscheidende "Schnittstelle" zwischen der Gestaltung von technischen und/oder arbeitsorganisatorischen Voraussetzungen für Aufbau, Stabilisierung und Erweiterung von Erfahrungswissen in CNC-Arbeitsstrukturen und der "personalen", häufig auf Probleme der "Qualifizierung" reduzierten Seite entsprechender bewußter oder unbewußter Arbeitsgestaltungsprozesse kann die Frage der rechtzeitigen, umfassenden und durch die hierzu erforderlichen Rahmenbedingungen geförderten **Einbeziehung der betroffenen Arbeitenden in den Gestaltungsprozeß** bezeichnet werden. Eine solche Einbeziehung ist in mehrfacher Hinsicht von herausragender **Bedeutung für erfahrungsgeleitetes Handeln**:

- Sie ermöglicht die **frühzeitige unmittelbare Erfahrungsbildung** mit den künftigen Arbeitsmitteln etc., etwa durch Beteiligung an Herstellerpräsentationen, Benchmark-Tests etc.

- Sie enthält **Chancen zur Vermeidung suboptimaler** und dadurch z.B. nervlich belastender **Lernprozesse** und für Lösungen der Gesamtlösung von Technik und Arbeitsorganisation, bei denen das vor Ort bestehende Erfahrungswissen einbezogen wird.
- Sie kann als **Ausgangspunkt für die notwendige persönliche Neuorientierung auf den ggf. erforderlichen Qualifizierungsprozeß** sowie auf die vorgesehenen neuen Formen der Arbeitsorganisation z.B. **Gruppenarbeit** und die in ihrem Charakter mehr oder minder grundlegend veränderte **künftige Tätigkeit** fungieren.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt derartiger mitarbeiterorientierter Gestaltungsprozesse ist die Möglichkeit zur Einbeziehung unterschiedlicher gruppen- oder funktionspezifischer Erfahrungsperspektiven (z.B. neben Einrichtern und ggf. "Bedienern" auch von NC-Programmierern, Meistern/Vorarbeiter, Fertigungssteuern/Arbeitsplanern) mit dem Ziel der Aushandlung lernkompromißfähiger "Gesamtarbeits"-Lösungen, womit u.U. auch die Bedrohungspotentiale für erfahrungsgeleitetes Handeln im unmittelbaren Bearbeitungsprozeß zu reduzieren sein dürften.

5.7 Anforderungen an die Qualifizierung für eine erfahrungsgeleitete rechnergestützte Facharbeit in der Werkstatt

Berufliche Anforderungen an den Facharbeiter und daraus resultierende Ansprüche an eine adäquate Aus- und Weiterbildung werden in der Regel einseitig aus dem Stand der Technikentwicklung und den naturwissenschaftlichen und technologischen Grundlagen der Bearbeitungs- und Informationstechniken begründet. **Die Qualifikationsanforderungen, die für rechnergestützte Facharbeit charakteristisch sind, können jedoch nur aus den tatsächlichen Tätigkeitsinhalten der jeweiligen Arbeitsplätze, den spezifischen Arbeitsbedingungen und der Arbeitsorganisation abgeleitet werden.** Erst dann läßt sich bewerten, in welchem Anteil und funktionalem Zusammenhang fachspezifische und fachübergreifende Aufgaben stehen.

Die vorhandenen Qualifikationen beeinflussen die Möglichkeiten zur Arbeitsgestaltung, wie auch eine geänderte Arbeitsgestaltung zu veränderten Qualifikationsanforderungen und Förderung von Qualifikationen führt.

Die veränderte Struktur der Arbeitsinhalte von konventioneller und CNC-Technik werden im Vergleich der **drei Tätigkeitsgruppen Planung** und Vorbereitung, **direktes Produktionshandeln und Kontrolle** und Kooperation beschrieben:

Der Anteil planender und vorbereitender Tätigkeit, der bei konventioneller Bearbeitung als gering eingeschätzt wird, **erhält** bei der rechnergestützten Facharbeit eine **herausragende Bedeutung**. Dies trifft **vor allem dann** zu, **wenn werkstatorientierte Programmierverfahren** benutzt werden, **und wenn dispositive Tätigkeitsinhalte** wie z.B. Auftragsreihenfolgeplanung für einen bestimmten Zeithorizont oder Verfügbarkeitskontrolle von Material, Werkzeugen und Vorrichtungen **in der Kompetenz des Facharbeiters liegen** (vgl. H. H. Erbe, 1987, Lit I).

Das direkte Produktionshandeln, das Bedienen, Steuern, Positionieren, Schalten etc. der Werkzeugmaschine, ist nicht mehr die zentrale und anspruchsvollste Arbeit. Die vorher primären Tätigkeitsinhalte des Fertigungsprozesses werden weitgehend durch die numerische Steuerung der CNC-Werkzeugmaschine übernommen.

Kooperation mit anderen vor- und nachgelagerten Produktionsbereichen und **Kontrollfunktionen wie Störfalldiagnose und Störfallprävention nehmen** dagegen zu.

Ob und in welchem Umfang jedoch dispositive Tätigkeitsinhalte bei rechnergestützter Facharbeit hinzukommen und insgesamt eine Arbeitsanreicherung erfolgt, ist in erster Linie eine Frage der betrieblichen Planungsziele, der Arbeitsbedingungen in der Werkstatt und der spezifischen Arbeitsorganisation. Die CNC-Technik wird allerdings durchgängig als so flexibel eingeschätzt, daß bei vorhandenen und geplanten technischen Systemen eine Vielzahl unterschiedlicher arbeitsorganisatorischer Lösungen möglich sind. Dies verdeutlicht den hohen Stellenwert, den die Qualifizierung innerhalb der rechnergestützten Facharbeit besitzt.

Im Rahmen der Einführung rechnergestützter Arbeit in der Werkstatt wurden **unterschiedliche didaktisch-methodische Konzepte** und Medien ausgearbeitet. Die **Zielgruppe** (An- und Ungelernte, Auszubildende, Facharbeiter, Planer und Entscheider), der **Lernort** (Überbetriebliche oder betriebliche Ausbildungsstätte, Schule oder Betrieb) und unterschiedliche **pädagogische Ansätze** sind Ausgangspunkte intensiver Forschungen gewesen. Es wurden neue didaktisch-methodische Konzepte, Seminartypen und betriebliche Ausbildungspläne entwickelt. Diese Arbeiten waren erforderlich, da mit den herkömmlichen Methoden, wie Frontalunterricht, Trennung von Theorie und Praxis, Orientierung an vorgegebener Lehrstoffsammlung statt Vermittlung an praxisnahen Aufgaben, usw., die Qualifizierung für eine rechnergestützte Arbeit den Anforderungen der Praxis nicht gerecht wurde. Zu derartigen Konzepten zählen:

A) Konzept CLAUS für die CNC-Grundausbildung

(CNC Lernen, Arbeiten und Sprache; CLAUS)

Mit **CLAUS** ('CNC Lernen, Arbeiten und Sprache') (T. Krogoll, u.a. 1988, Lit. I) wurde ein spezielles **Lernmittel für die CNC-Grundausbildung** entwickelt. Sein pädagogischer Ansatz nimmt konsequent die **Arbeitsaufgabe zum Ausgangspunkt der Lernfähigkeit**. Es unterscheidet sich nicht nur durch diesen Ansatz von den bisher in der Berufsausbildung angewandten Konzepten. Das methodisch-didaktische Vorgehen ist an einer **tätigkeitsorientierten Aneignungslogik** ausgerichtet, die ihren Ausdruck in ganzheitlichen, komplexer werdenden Lernaufgaben findet. Die Schwierigkeit des Lehrenden besteht in der Konstruktion eines geeigneten Systems von Lernaufgaben, die es ermöglichen, gegenstandsadäquate Lernfähigkeiten in den Kursmittelpunkt zu stellen.

Neben anderen Methoden wurde der systematische Spracheinsatz als unterstützende Funktion im Lernprozeß entwickelt. Ihre unterstützende, lernfördernde Wirkung bei der Ausbildung von inneren Handlungsmodellen für äußere Tätigkeiten ist die wesentliche Intention.

In mehr als zehn Einrichtungen der betrieblichen und überbetrieblichen Weiterbildung wird dieser Grundlagenkurs eingesetzt. Diese Methode ist von ihrem pädagogischen Ansatz her nicht nur für die CNC-Ausbildung geeignet. Ihre Weiterentwicklung für die Qualifizierung zur Handhabung von Robotern ist z.Zt. in der Entwicklung. Mit CLAUS ist ein auf die Arbeitsaufgabe bezogenes didaktisch-methodisches Konzept entwickelt worden, das eine große Nähe zu den Arbeitsaufgaben der Lernenden hat.

Die **Erweiterung auf andere Themenbereiche** der Grundausbildung, wie **Spannen des Werkstückes, Zerspanungsvorgang** usw., **ist noch zu leisten**. Auch hinsichtlich der Weiterbildung der Facharbeiter für eine rechnergestützte Arbeit in der Werkstatt fehlen didaktisch-methodische Konzepte. Da gerade der praktischen und theoretischen Behandlung von betrieblichen Arbeitsproblemen im Weiterbildungskurs eine große Bedeutung zukommt, ist das "CLAUS-Konzept" ein vielversprechender Ansatz.

**B) Qualifizierungskonzept für die Facharbeit in der Werkstatt
von Klein- und Mittelbetrieben mit rechnerintegrierter Fertigung**
(HdA-Vorhaben 01 HH 976, TU Berlin)

Bei der Einführung rechnergestützter und rechnerintegrierter Fertigung ist gerade in **Klein- und Mittelbetrieben (KMB) die Qualifizierung der Facharbeiter** eines der **zentralen Probleme**.

Die Freistellung der Mitarbeiter für ein- oder mehrwöchige Kurse ist für sie wegen dünner Personaldecke, hohem Termindruck und mangelnder finanzieller Mittel oft ein Qualifizierungshindernis. Ein weiteres Hindernis ist die negative Einschätzung, daß überbetriebliche Weiterbildungsangebote nicht betriebsspezifisch, zu technikbezogen und zu theoretisch seien.

Innerhalb des Projektes wird ein Qualifizierungskonzept entwickelt, daß gerade die Probleme der KMB aufgreift. Durch einen innovationsbegleitenden Qualifizierungsprozeß wird eine **innerbetriebliche "Lernkultur"** initiiert und unterstützt. Ziel der Qualifizierung ist die **Bewältigung ganzheitlicher Arbeitsaufgaben** mit Rechnerunterstützung **durch die Facharbeiter in der Werkstatt**.

Die Qualifizierungsaufgaben umfassen die Beherrschung marktgängiger Soft- und Hardware (wobei die im BMFT-Projekt WOP entwickelten Komponenten eingesetzt werden), Kenntnisse der damit erweiterten Arbeitsaufgaben und die Förderung sozialer Kompetenz zur Gruppenarbeit.

Die unterschiedlichen Qualifizierungsvoraussetzungen der einzelnen Facharbeiter und die betriebsspezifischen Anforderungen, für deren Erfassung die aktive Beteiligung der Facharbeiter und Betriebsführung konzeptionell verankert ist, werden durch ein aufbauendes, bausteinförmiges Qualifizierungsangebot berücksichtigt.

Die Qualifizierung gliedert sich in die **drei Bereiche Wissensaneignung und Wissenvermittlung, Bewältigung von Arbeitsaufgaben** mit Rechnerunterstützung in der Werkstatt und Organisation und Kooperation.

Zu Beginn erhalten alle Mitarbeiter der Fertigungsgruppe Informationen über die veränderte Arbeitsaufgabe und Arbeitsteilung und die Möglichkeiten der neu eingeführten Technik. Die technischen Hilfsmittel, Lernmittel und Lernschritte werden vorgestellt und die Wissens- und Kenntnisvoraussetzungen für die einzelnen Arbeitsgänge erläutert. Dabei werden die Lernvoraussetzungen und -anforderungen der Fach-

arbeiter festgestellt. Danach beginnt ein Facharbeiter mit der Lern- und Übungsaufgabe. **Lern- und "Übungs"-Gegenstand sind reale Produktionsaufträge**, die ohne Termindruck erarbeitet werden.

Unterstützt wird er **durch Leittexte**, (J. Koch, 1988, Lit. I) in denen die Lernaufgabe durch einzelne Lernschritte und gezielte Informationen strukturiert ist, **durch Lernkarten**, die den Facharbeiter beim Erlernen von reinen Bedienungsabläufen unterstützen **und durch** wöchentliche **Gespräche** mit Projektmitgliedern über fachliche und methodische Schwierigkeiten innerhalb der Lernaufgabe. Er wird hierbei zusätzlich von den bereits ausgebildeten Kollegen unterstützt.

C) CNC Qualifizierungskonzept für An- und Ungelernte

(Stiftung Berufliche Bildung (SBB) Hamburg)

Die SBB hat auf der Basis langjähriger Erfahrungen mit Lernungewohnten und Un- und Angelernten ein **CNC-Qualifizierungskonzept** entwickelt, das sich speziell an diese Zielgruppe wendet (vgl. F. Glücklich, 1988, S. 126, Lit. I). Kernpunkt dieses Konzeptes ist die konsequente **Teilnehmerorientierung**, die **an den (Vor-)Erfahrungen** der Teilnehmer ansetzt, und schon bei der Planung der Qualifizierung berücksichtigt wird.

Das im Rahmen eines Modellversuchs entwickelte CNC-Qualifizierungskonzept orientiert sich an **didaktischen Prinzipien wie Anwendungsbezug der Lerninhalte**, weitgehende **Selbstbestimmung von Lerninhalten und Lerntempo**, **Förderung der gedanklichen Antizipation von Handlungen** und selbständiges Erarbeiten von Informationen (vgl. B. Bauer/A. Stexkes, 1988, Lit. I).

Zur Zeit verknüpft die SBB ihre erprobte Teilnehmerorientierung mit Ergebnissen der psychologischen Handlungsregulationstheorie (vgl. H. Bell und R. Brännig, 1988, Lit. I). Daraus ergab sich eine vollständige Umstrukturierung der im Rahmenlehrplan und in der Ausbildungsverordnung festgelegten Lerninhalte in **aneignungslogische Sequenzen** sowie eine direkte Theorie-Praxis-Verknüpfung bei der geplanten Ausbildung zum Zerspanungsmechaniker.

Wesentlich am Qualifizierungskonzept und seiner Weiterentwicklung ist, daß zur erfahrungsorientierten Arbeit an CNC-Maschinen die in der konventionellen Bearbeitung erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten aktualisiert werden und unmittelbar daran angeknüpft wird. Durch die Integration der Vermittlung abstrakter Lerninhalte in den vorgelagerten Ausbildungsabschnitten wird die Trennung von konventioneller und CNC-Ausbildung partiell aufgehoben und durch eine Orientierung an erfahrungsge-

leitetem Handeln vermittelt fertigungsorientierter Aufgaben soll insbesondere für die Arbeit in Fertigungsstrukturen von Klein- und Mittelbetrieben ausgebildet werden.

D) Handlungs- und praxisorientierte CNC-Qualifizierung (CNC-Zentrum, Hamburg)

Das CNC-Zentrum Hamburg verfolgt im Rahmen seiner Qualifizierungsarbeit in der rechnergestützten Fertigung einen handlungs- und praxisorientierten Bildungsansatz. Dabei sind die Vermittlungsinhalte und das **Vorgehen in den Kursen mehr an den herstellerübergreifenden, Transferwissen erzeugenden Aspekten** als an herstellerspezifischen, Spezialkenntnissen vergleichbar orientiert. Unter dieser "Leitlinie" wird, abhängig von aktuellem Teilnehmerklientel und Lehrgangsziel, unterschiedlich tief in technische Systeme "eingestiegen".

Der **handlungsorientierte Ansatz** wird durch die Berücksichtigung der späteren Verwendungssituation durch die Teilnehmer im Betrieb und durch die Einbeziehung ihrer eigenen intensiven praktischen Tätigkeiten mit CNC-Systemen während der Qualifizierung verwirklicht. So werden notwendige **theoretische Kenntnisse nicht**, wie noch weit verbreitet, in **einführenden Theorieblöcken** zusammengefaßt, sondern problemorientiert, **anhand praktischer Aufgabenstellungen vermittelt**. Die direkte Bindung des "neuen Wissens" an seine praktische Umsetzung (Anwendung) ermöglicht mit didaktisch aufbereiteten Aufgabenstellungen steigender Komplexität ein schnelles und intensives Vorankommen in der CNC-Technik.

In der Qualifizierung an CNC-Maschinen (Einrichten, Bedienen, Programmieren von Fräs- und Drehmaschinen), die den Mittelpunkt im CNC-Zentrum bildet, wird das im Grundlagenbereich (Drehen und Fräsen simuliert am Rechner) gelegte Transferwissen maschinenspezifisch angewandt, vertieft und erweitert. Eine **Praxisorientierung** verlangt hier das ausschließliche **Arbeiten an CNC-Produktionsmaschinen**. Zur Verfolgung der o.g. "Leitlinie" wird im CNC-Zentrum für die Bearbeitungsarten Drehen und Fräsen an je drei unterschiedlichen Maschinen mit unterschiedlichen, marktgängigen Steuerungskonzepten gearbeitet. Die Teilnehmer erlangen damit sowohl maschinen- bzw. steuerungsbezogene Kenntnisse und Fertigkeiten bis zu einer "mittleren Tiefe" als auch herstellerübergreifendes und transferfähiges "Prinzipien-know-how".

Der skizzierte didaktisch-methodische Ansatz in der Grundlagen- und Maschinenausbildung gilt ebenfalls für die Bereiche rechnergestütztes Programmieren und DNC-Organisation und macht für seine Umsetzung ein Arbeiten in Klein- und Kleinstgruppen erforderlich.

Die kurz beschriebenen Projekte haben die Qualifizierung für eine rechnergestützte Facharbeit zu ihrem Gegenstand. Mehrere vom Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft geförderte außerschulische Modellversuche zu Neuen Technologien in der beruflichen Bildung haben eine vergleichbare Zielsetzung, heben jedoch nicht so sehr den umfassenden Aspekt von Facharbeitertätigkeit im rechnergestützten/-integrierten Fertigungsprozeß heraus.

Zur Stabilisierung und Weiterentwicklung qualifizierter rechnergestützter Facharbeit müssen **zukünftig folgende Problemfelder** betrachtet werden:

- **Tätigkeiten wie die Erstellung und Optimierung von Bearbeitungs- und Steuerungsprozessen**, Variantenkonstruktion am maschinennahen Arbeitsplatz-rechner, Anpassung der NC-Programme an die tatsächlichen Produktionsabläufe, rechnergestützte Planung der Arbeitsabläufe (Maschinenbelegung, Termine, Werkzeuge, Material, Qualitätskontrolle) werden **von den Facharbeitern** in Klein- und Mittelbetrieben **gefordert** und müssen entsprechend vermittelt werden (vgl. H.-H. Erbe, 1986, Lit. I). Ebenso müssen **Planer und Entscheider** in dieser Hinsicht **ausgebildet** werden.
- Informations- und Materialverarbeitung müssen so gestaltet werden, daß der Facharbeiter die Möglichkeit zum **"Lernen im Arbeitsprozeß"** erhält. Eine erfahrungsunterstützende Software-Gestaltung ist hierfür notwendig.
- In komplexen Arbeitssystemen rechnergestützter Facharbeit steigt der Qualifikationsbedarf und damit die Anforderungen an die Erstausbildung, die häufig qualitativ hinter den aktuellen Produktionserfordernissen zurückbleibt (vgl. H.-H. Erbe, 1988, Lit. I).
- Die **Initiierung, Durchsetzung und Stabilisierung von Gruppenarbeit** wird notwendig (vgl. B. Lutz, 1988, Lit. C). Die Interaktion der Gruppenmitglieder im Kontext der gemeinsamen Arbeitsaufgaben, der jeweils dafür benötigten Technologie und der **gegebenen (modifizierbaren) Arbeitsorganisation** wird dadurch ermöglicht bzw. erleichtert.

Gegenwärtige Qualifizierungskonzepte für eine rechnergestützte Facharbeit **fördern** in **zu geringem Maße** die **Modellbildung der Tätigkeit im Fertigungsprozeß**. Sie ist jedoch eine Voraussetzung für die gezielte Akkumulation von Wissen und Erfahrung.

Zu beschreiben sind die **Bestimmungsstücke** für den **Transfer von vorhandenem Wissen und vorhandener Erfahrung auf neue Situationen** im Arbeitsprozeß. Daraus könnten Rückschlüsse gezogen werden für die Ausarbeitung entsprechender Qualifizierungskonzepte.

Es geht nicht darum, Facharbeiterhandeln zu algorithmisieren, sondern die **Fähigkeit zur Ausbildung von nicht objektivierbarer Erfahrung (tacit knowledge)** anzulegen und zu fördern. Unter diesem Aspekt ist zu untersuchen, inwieweit sich Erfahrungen in der Arbeit ohne Rechnerunterstützung (konventionelle Facharbeit) förderlich, zwingend notwendig oder hinderlich auf die Qualifizierung für eine rechnergestützte Arbeit erwiesen.

Diese Untersuchung könnte auf einer handlungsregulationstheoretischen Basis durchgeführt werden und müßte zur Entwicklung didaktisch-methodischer Konzepte führen, welche informationsverarbeitende Tätigkeiten (Zerspanungstechnik) integriert vermittelt.

Wenn es gelingt, eine **erfahrungsunterstützende (und nicht nur benutzergerechte) Software** zu entwickeln, so könnten synergetische Effekte der Mensch-Maschine-Funktionsteilung ausgenutzt werden. Dieses würde auch die Gewinnung von Prozeßerfahrung in der Zerspanungstechnik unterstützen.

Ein wesentlicher Forschungsgegenstand sollte auch die Ausbildungsvoraussetzungen zur Intensivierung und **Förderung von Gruppenarbeit** im rechnergestützten Fertigungsprozeß. **Erste Erfahrungen** liegen aus Projekten vor, welche die **Einführung teilautonomer Fertigungsinseln** begleiten (vgl. Perspektive Gruppenarbeit, 1988, Lit. C). Dies ist wiederum für Klein- und Mittelbetriebe von Interesse, da sie als Fertigungsinsel betrachtet werden können. Wie sich individuelle mit gemeinsamen Lernprozessen gegenseitig beeinflussen, verstärken oder behindern ist Grundlage für die Entwicklung entsprechender Qualifizierungskonzepte. Hier geht es insbesondere auch um die Verbindung von individueller und Gruppenerfahrung und um die Qualifikationssicherung in der Gruppe (trotz eventueller Fluktuation der Gruppenmitglieder).

Wesentliche Fragen weiterführender Forschung zur Gestaltung qualifikatorischer Systemkomponenten sind:

- Wie ist ein lernoptimierendes Verhältnis zwischen konventioneller und CNC-Ausbildung geartet? Welche Voraussetzungen können wie in der konventionellen Ausbildung geschaffen werden, um erfahrungsorientiertes Arbeitshandeln an CNC-Maschinen und anderen rechnergestützten Systemen zu lernen?

- Welche teilnehmer-, gruppen- und erfahrungsorientierten Organisationsformen der CNC-Ausbildung sind unter dieser Maßgabe für verschieden Vorqualifizierte, auch aus unterschiedlichen Arbeitsbereichen zu entwickeln?
- Welche CNC-Werkzeugmaschinen und andere Systeme der rechnergestützten Fertigung sind die zur Zeit sinnvollsten, um erfahrungsorientiertes Arbeitshandeln an ihnen zu lernen und wie sollten sie in diesem Sinne verbessert werden? Sind unterschiedliche Maschinen für unterschiedlich Qualifizierte mehr oder weniger geeignet?
- Welche CNC-Simulationssysteme sind derzeit für eine erfahrungsorientierte Ausbildung empfehlenswert? In welche Richtung sollten den Herstellern von solchen Systemen Entwicklungsvorschläge unterbreitet werden? Gibt es unterschiedlich sinnvolle Systeme für verschieden Vorqualifizierte?

VI. Literaturverzeichnis

Liste A: Intelligenzforschung und Denkpsychologie

- | | |
|--|---|
| Arnheim, Rudolf | Anschauliches Denken, Zur Einheit von Bild und Begriff, Köln, DuMont 1982 |
| Broadbent, D.E./
Fitzgerald, P./
Broadbent, M.H.P. | Implicit and Explicit Knowledge in the Control of Complex Systems,
in: British Journal of Psychology, 77, 1986 |
| Dörner, Dietrich | Komplexes Problemlösen, Bestandaufnahme und Perspektiven, Berlin: Springer 1986 |
| Dörner, Dietrich | Die Logik des Mißlingens, Reinbek, Rowohlt 1988 |
| Gardner, Howard | Frames of Mind, New York; Basic 1983 |
| Mandl, Heinz/
Friedrich, Helmut Felix/
Hron, Aemilian: | Theoretische Ansätze zum Wissenserwerb,
in: Mandl, H. und Spada, H. (Hrsg.),
Wissenspsychologie, München; PVU, 1988 |
| Sternberg, Robert J.
(Hrsg.) | Human Abilities, New York: Freeman, 1985 |

Liste B: Wahrnehmung und Erfahrung

Bateson, Gregory	Form, Substanz und Differenz, in: Ökologie des Geistes, Frankfurt; Suhrkamp 1983
Böhle, Fritz und Milkau, Brigitte	Vom Handrad zum Bildschirm, Eine Untersuchung zur sinnlichen Erfahrung im Arbeitsprozeß; Frankfurt: campus 1988
Böhle, Fritz	Körper und Wissen - Zu Veränderungen in der sozio-kulturellen Bedeutung körperlicher Arbeit, in: Soziale Welt, 2. 1989
Böhme, Gernot	Anthropologie in pragmatischer Hinsicht, Frankfurt: Suhrkamp 1985
Hildebrandt, Eckart	Im Betrieb überleben mit der neuen Technik. Erfahrungen eines NC- und CNC-Werkzeugmaschinenbedieners, Arbeitspapier; Berlin Wissenschaftszentrum 1980
Hoffmann-Axthelm, Dieter	Sinnesarbeit - Nachdenken über Wahrnehmung, Frankfurt: campus 1984
zur Lippe, Rudolf	Sinnenbewußtsein, Reinbek: Rowohlt 1987
Polanyi, Michael	Impliziertes Wissen, Frankfurt: Suhrkamp 1985
Rose, Helmuth und Jansen, Hinrich	Behinderung statt Entwicklung der Arbeitnehmerpersönlichkeit durch Computertechnologie? Über Zusammenhänge beim Einsatz von Computertechnologien, Gefährdungen von Wahrnehmungsprozessen und der Entwicklung von Arbeitsvermögen, in: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 4, 1981
Rudolf, Heinrich/ Werner, Hartmut/ Jansen-Dittmer, Hinrich	Erfahrungswissen in modernen Produktionssystemen - Verschwindender Rest oder notwendiger Bestandteil? Bericht über einen Workshop des KfK, Projektträger Fertigungstechnik, 9./10. Mai 1988, Karlsruhe
Witt, Harald u.a.	Das Erleben der Arbeit an Arbeitsplätzen mit neuer Technik am Beispiel von CNC-Werkzeugmaschinen in der industriellen Fertigung, Projektbericht, Universität Hamburg, Februar 1988

Liste C: Kommunikations- und Organisationsforschung

- | | |
|---|--|
| Bungard, Walter | Qualitäts-Zirkel als Gegenstand der Arbeits- und Organisationspsychologie, in: A & O, 2, 1988 |
| Leonte'v, A.A. | Psychologie der Kommunikation, in: Leonte'v, A.A.,
Leonte'v A.N., Judin E.G. (Hrsg.), Grundfragen einer Theorie
der sprachlichen Tätigkeit, Stuttgart: Kohlhammer 1984 |
| Lutz, Burkart | Qualifizierte Gruppenarbeit, in: Roth, S./Kohl, H. (Hrsg.),
Perspektive Gruppenarbeit, Köln: Bund-Verlag, 1988 |
| Malsch, Thomas | Die Informatisierung des betrieblichen Erfahrungswissens
und der Imperialismus der instrumentellen Vernunft,
in: Zeitschrift für Soziologie, 2, 1987 |
| Mambrey, Peter/
Oppermann, Reinhard/
Tepper, August | Computer und Partizipation, Opladen:
Westdeutscher Verlag 1986 |
| Neuberger, Oswald | Unternehmensstruktur und Führung, Universität Augsburg,
Kontaktstudium Materialien 62127, Augsburg 1985 |
| Oesterreich, Rainer und
Resch, Martin | Zur Analyse arbeitsbezogener Kommunikation,
in: Zeitschrift für Sozialisationsforschung und Erziehungssozio-
logie (ZSE), 5, 1985 |
| Rose, Helmuth | Arbeitsorientierte Organisationsentwicklung im Interesse der
Arbeitnehmer, in: Sievers, B./ Slesina, W. (Hrsg.), Organisa-
tionsentwicklung in der Diskussion, Gesamthochschule
Wuppertal, 1980 |
| Shaiken, Harley | Neue Technologien und Organisation der Arbeit
in: Keriathan 1980 |
| Währen, Heinz-Kurt | Zwischenmenschliche Kommunikation und Interaktion in
Unternehmen, Berlin: De Gryeter 1987 |
| Watzlawick, Paul | Die Möglichkeit des Anderseins, Bern: Huber 1982 |
| Zink, Klaus und
Ackermann, Martin | Quality Circle und Qualität der Arbeit,
in: A & O, 2, 1988 |

Liste D: Handlungs- und Tätigkeitspsychologie

- | | |
|---|---|
| Dunckel, Heiner | Arbeitspsychologische Kriterien zur Beurteilung und Gestaltung von Arbeitsaufgaben im Zusammenhang mit EDV-Systemen, in: S. Maaß/H. Oberquelle (Hrsg.): Software-Ergonomie 89, Stuttgart: Teubner, 1989 |
| Frei, Felix/Duell, Werner/
Baitsch, Christof | Arbeit und Kompetenzentwicklung
Bern: Huber, 1984 |
| Hacker, Walter | Arbeitspsychologie. Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten, Berlin (DDR), DVW 1986 |
| Ulich, Eberhard | Über das Prinzip der differentiellen Arbeitsgestaltung,
in: Industrielle Organisation, 47, 1984 |
| Velickovskij, Boris M. | Wissen und Handeln. Kognitive Psychologie aus tätigkeits-theoretischer Sicht, Weinheim: VCH 1988 |
| Volpert, Walter | An die Grenzen des Modells der hierarchisch-sequentiellen Handlungsorganisation, in: Gestalt Theory, 6, 1984 |

Liste E: Streß und Belastung in der Arbeit

- | | |
|--|---|
| Gassmann, Peter | Gesundheitsprobleme an numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen, in: Die Mitbestimmung, 11, 1986 |
| Greif, Siegfried und Rummel, U. | Psychischer Streß am Arbeitsplatz
in: Schuler, H./Staehe, W. (Hrsg.),
Organisationspsychologie und Unternehmenspraxis,
Stuttgart, Verlag f. a. Psychologie, 1984 |
| Leitner, Konrad und Greiner, B./Weber, W.G./Hennes, K. | Das RHLA-Verfahren, Analyse psychischer Belastung in der Arbeit, Köln, TÜV Rheinland 1987 |
| Pröll, U. und Streich, W. | Auswirkungen neuer Technologien auf Arbeitnehmer mit langjähriger Berufserfahrung, Dortmund 1984 |
| Rose, Helmuth | Neue Belastungsformen an computergestützten Arbeitsplätzen,
in: Crusius, R./Stebani, J. (Hrsg.), Neue Technologien und menschliche Arbeit, Berlin: Verlag Arbeitswelt 1984 |

Liste F: Mensch - Rechner - Interaktion

- | | |
|---|--|
| Bullinger, Hans-Jörg/
Raether, C./
Fährlich, K.P./
Körcher, M. | Software-Ergonomie im Produktionsbereich: dargestellt am Beispiel der Analyse und Gestaltung im Programmiersystem für Werkzeugmaschinen
in: Bullinger, H.J. (Hrsg.): Software-Ergonomie 85, Tagungsband, Stuttgart: Teuber 1985 |
| Dreyfus, Hubert L. und
Dreyfus, Stuart E. | Künstliche Intelligenz. Von den Grenzen der Denkmachine und dem Werk der Intuition, Reinbek, Rowohlt 1988 |
| Fährlich, Klaus-Peter/
Raether, Christian | Programmierschnittstellen an computergestützten Werkzeugmaschinen,
in: Fährlich, K.-P. (Hrsg.): Software-Ergonomie,
München Oldenbourg 1987 |
| Martin, Hans | Arbeitswissenschaftliche Aspekte menschengerechter Gestaltung von Dialogsystemen, in: Nullmeier, E.;
Rödiger, K.-H. (Hrsg.): Dialogsysteme in der Arbeitswelt.
Mannheim, Wien, Zürich: Wissenschaftsverlag 1987 |
| Moll, Thomas und
Ulich, Eberhard | Einige methodische Fragen in der Analyse von
Mensch-Computer-Interaktion, in: ZfA, 2, 1988 |
| Raether, Christian/
Ziegler, Jürgen | Fortgeschrittene Mensch-Maschine-Kommunikation:
Neue Programmierungsumgebung der CNC-Maschinen
in: FhG-Berichte 1, 86 |
| Volpert, Walter | Kontrastive Analyse des Verhältnisses von Mensch und Rechner als Grundlage des System-Design,
in: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 3, 1987 |

Liste G: Rechnergestützte Fertigungsorganisation und Fertigungssteuerung

Adena, K. und Meisel, G.	Ganzheitliche Werkstattsteuerung in: VDI-Z, 1985
Aguren, Stefan und Edgren, Jan	Neue Wege der Produktions- und Fabrikplanung, Projekt Nr. A 137, RKW, Düsseldorf 1983
Beier, H. H.	Fertigungsleitstand und Fertigungsleittechnik, in: ZWF, 3, 1989
Boffo, Monika/ Lay, Gunter/ Schneider, Robert	Integration von rechnergestützter Konstruktion und NC-Programmierung - Stand und Erfahrungen aus der betrieblichen Praxis in: ZWF/CIM, 6, 1987
Brödner, Peter	Fabrik 2000. Alternative Entwicklungspfade in die Zukunft der Fabrik, Berlin: Sigma, 1985
Diehl, Walter	Verwaltung und Pflege von NC-Programmen, in: KfK (Hrsg.) Tagungsband Abschlußpräsentation "Werkstatorientierte Programmierverfahren" 17./18. Mai 1988, Karlsruhe
Eggerding, Rainer	MAP - die Kommunikationsschiene in der Produktion in: FB/IE, 1, 1988
Eliasson, Lars/ Fröhner, Klaus-Dieter/ Schmager, Burkhard	Produktionssteuerung mit integrierter Betriebsdaten- erfassung im deutsch-schwedischen Vergleich, 1988
Fix-Sterz, Jutta/ Lay, Gunter/ Schultz-Wild, Rainer	Flexible Fertigungssysteme und Fertigungszellen in: VDI-Z, 11, 1986
Förster, H.U. und Syska, A.	Rechnerintegrierte Produktion - Ergebnisse einer Umfrage zu Verbreitung und Entwicklungstendenzen von EDV-Sy- stemen in der Produktion, in: FIR-Mitteilungen, RWTH Aachen, Sonderdruck 2, 1985
Granow, Rolf	Möglichkeiten zur Erstellung und Verteilung von NC-Daten, in: ZWF, 1, 1983

- Hackstein, Rolf Organisation und Effizienz der Werkstattsteuerung,
in: FB/IE, 2, 1987
- Hammer, Helmut und
Herholz, B. NC-Programmierung und DNC-Betrieb,
in: Zeitschrift für Metallbearbeitung, 3, 1983
- Hedrich, P. Flexibilität in der Fertigungstechnik durch Computereinsatz,
München 1983
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut Technische Entwicklungslinien und Konsequenzen für die
Arbeitsgestaltung,
in: Hirsch-Kreinsen, H./Schultz-Wild, R. (Hrsg.), Rechner-
integrierte Produktion, Frankfurt: campus, 1986
- Hoff, Harald CIM-Realität und Zukunftsvision zugleich,
in: FB/IE, 1, 1987
- Hug, H. Lokale Netze in der Fertigung,
in: Bulletin SEV/VSE, Februar 1988
- Kauffels, F.J. Schwachstellen der Informationssicherheit in lokalen Netzen,
in: Technische Rundschau, 27, 1986
- KfK, PT FT Sicherung des spanabhebenden Bearbeitungsprozesses,
Tagungsband, 28.04.88, Karlsruhe, 1988
- Klotz, Ulrich Einsatz der Datenverarbeitung und der Mikroelektronik im
Produktionsbereich,
in: Biethahn, J./Staudt, E., Datenverarbeitung in der prakti-
schen Bewährung, München: Oldenbourg, 1984
- Kromberg, J. Unisono-Syntax, in: NC-Fertigung, Sonderdruck,
September 1988
- Lay, Gunter,
Maisch, Karl,
Boffo, Monike
Lemmermeier, Lothar Wirtschaftliche und soziale Auswirkungen des Einsatzes von
integrierten CAD/CAM-Systemen
in: RKW-Reihe Mensch und Technik, Eschborn 1984
- Lay, Gunter Computer Integrated Manufacturing - Wunsch und Wirklich-
keit, in: Innovation, 7, 1985 und in: Der Betriebsleiter, 3, 1986

- Lay, Gunter,
Boffo, Monika
Schneider, Roland
Integration von rechnergestützter Konstruktion und NC-Programmierung - Stand und Erfahrungen aus der betrieblichen Praxis, in: ZWF CIM Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung und Automatisierung, Heft 6, 1987
- Lay, Gunter/
Maisch, Karl/
Schneider, Robert
Technischer Stand, Verbreitung und arbeitsorganisatorische Einsatzformen vernetzter Systeme, in: IGM (Hrsg.), CIM oder die Zukunft der Arbeit in rechnerintegrierten Fabrikstrukturen Frankfurt: Union-Druckerei, 1987
- Manske, Fred und
Wobbe-Oldenburg,
Werner
Fertigungssteuerung im Maschinenbau aus der Sicht von Unternehmensleitung und Werkstattpersonal,
in: VDI-Z, 11, 12, 13, 1985
- Martin, Hans
CIM-Auswirkungen auf die Arbeitsorganisation
in: Geitner, U. (Hrsg.), CIM, Braunschweig, Vieweg 1987
- Maßberg, Wolfgang
Fabrik der Zukunft - auf dem Weg zur rechnerintegrierten Produktion, in: Ringvorlesung 86/87 RVB, IGM, Bochum 87
- Nuber, Christian
EDV-Einsatz und computergestützte Integration in Fertigung und Verwaltung von Industriebetrieben, Forschungsbericht, ISF, München, 1987
- Pabst, Hans-Jürgen
Analyse der betriebswirtschaftlichen Effizienz einer computergestützten Fertigungssteuerung mit CAPOSS-E, Frankfurt: Lang, 1985
- Piore, Michael J. und
Sabel, Charles F.
Das Ende der Massenproduktion
Berlin: Wagenbach 1985
- Rose, Helmuth
Perspektiven der Gestaltung von Arbeit und Technik in edv-gestützten Planungs- und Steuerungssystemen
in: IBS-Beratungs-Dokumentation, Hamburg, 1987
- Rose, Helmuth
Werkstatorientierte Produktionssteuerung
in: IBS-Beratungs-Dokumentation, Hamburg, 1988
- Roth, Siegfried und
Königs, Peter
Gruppenarbeit als Gestaltungsalternative bei CIM-Einsatz,
in: Roth, S./Kohl, H. (Hrsg.): Perspektive Gruppenarbeit, Köln: Bund-Verlag, 1988

- Scheer, August-Wilhelm CIM. Der computergesteuerte Industriebetrieb, Berlin: Springer 1987
- Scholz, Dieter und
Schrack, Gerhard CIM-Entwicklung und gewerkschaftliche Technologieberatung, in: IGM (Hrsg.) CIM oder die Zukunft der Arbeit in rechnerintegrierten Fabrikstrukturen, Frankfurt: Union-Druckerei 1987
- Schultz-Wild, Rainer Entwicklungsbedingungen von Arbeitsstrukturen in der mechanischen Fertigung
in: Hirsch-Kreinsen, H./Schultz-Wild, R. (Hrsg.), Rechnerintegrierte Produktion, Frankfurt: campus 1986
- Schulz, Herbert Tendenzen beim Einsatz flexibler Fertigungssysteme,
in: Hirsch-Kreinsen, H./Schultz-Wild, R. (Hrsg.), Rechnerintegrierte Produktion, Frankfurt: campus 1986
- Shah, Raymond Flexible Fertigungssysteme in Europa: Erfahrungen der Anwender, in: VDI-Z, 17, 1985
- Spur, G./
Seliger, G./Eggers, A. Kompetenzorientierte Werkstattsteuerung
in: ZWF, 5, 1983
- Spur, Günter Aufschwung, Krisis und Zukunft der Fabrik, in: Produktionstechnisches Kolloquium, Tagungsband, Berlin 1983
- Warnecke, Hans-Jürgen Taylor und die Fertigungstechnik von morgen, in: Fertigungstechnischer Kolloquium, Tagungsband, Stuttgart: IPA 1985
- Wiendahl, Hans Peter und
Springer, Günter Untersuchungen des Betriebsverhaltens flexibler Fertigungssysteme, in: ZWF, 2, 1986
- Wiendahl, Hans Peter Von der Belastungsorientierten Auftragsfreigabe zur durchlauforientierten Fertigungssteuerung, in: Wiendahl, H.P. (Hrsg.), Praxis der belastungsorientierten Fertigungssteuerung, Hannover: IFA, 1986

Liste H: CNC-Werkzeugmaschinen

Ammon, Roland	Erfahrungen und Probleme beim Einsatz der Werkstattprogrammierung, Manuskript, VDI-Bildungswerk, Düsseldorf 1986
Ammon, Roland	Gleiche Intelligenz für alle, in: NC-Fertigung, 6, 1988
Blum, Udo	Technische und personelle Möglichkeiten und Grenzen der Werkstattprogrammierung, in: Werkstatt und Betrieb, 4, 1987
Kief, H. B.	NC/CNC-Handbuch '88, Michelstadt: NC-Buch-Verlag, 1988
Kromberg, Jürgen	Unisono-Syntax, in: NC-Fertigung, Sonderdruck, September 1988
Lay, Gunter/ Boffo, Monika Lemmermeier, Lothar	Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von CNC-Drehmaschinen unter organisatorischen Gesichtspunkten, in: Forschungsbericht Karlsruhe, September, 1, 1983, KfK-PFT 72
Moll, H. H.	Notwendigkeit und Probleme der Werkstattprogrammierung, Beitrag für die RKW-Tagung "Neue Technologien in der Fertigung", 1986
Noble, David	Maschinen gegen Menschen. Die Entwicklung numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen, Stuttgart 1979
Scholz, Andreas	Menschengerechte Anforderungen an zu entwickelnde Programmier- und Simulationssysteme von CNC-Werkzeugmaschinen, in: AFA-Informationen, 4, 1982
Strauß, P.	Moderne Diagnosehilfsmittel und erhöhter Bedienungskomfort für NC-Werkzeugmaschinen, KfK-PFT 129, August 1987
Weber, W.	CNC-Steuerungen für qualifizierte Facharbeiter, in: Technische Rundschau, 28, 1988

Liste I: Rechnergestützte Facharbeit und Qualifizierung

- | | |
|---|--|
| Bauer, B./ Stexkes, A. | Leittextgestützte EDV-Vermittlung in Anwenderprogrammen (1), in: Der Ausbilder, 36 Jg. Heft 4, 1988 |
| Bell, H./Brünnig, R. | Qualifizierung beim Einsatz von Industrierobotern, Stuttgarter Beiträge zur Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Bd. 7, Stuttgart 1988 |
| Erbe, Heinz-H. | Die Werkstatt als Mittelpunkt des Fertigungsprozesses, in: Hoppe, M./Erbe, H. (Hrsg.), Rechnergestützte Facharbeit, Wetzlar, 1986 |
| Erbe, Heinz-H. | Qualifizierung zur Facharbeit im Hinblick auf technische und arbeitsorganisatorische Veränderungen
in: Hoppe, M./Pahl, J.P./Schulz, H. (Hrsg.), Facharbeit und CNC-Technik, Wetzlar: Werner-v.-Siemens-Schule, 1987 |
| Eversheim, Welter/
Offenbruch, Peter/
Schmidt, Hubert/
Schuh, Günter | Qualifizierung für neue Produktionstechniken,
in: VDI-Z, 1, 1988 |
| Glücklich, Frank | Kapitulation vor der Dauerarbeitslosigkeit - Welchen Weg nimmt die Bundesrepublik? Hamburg 1988 |
| Koch, J. | Handlungskompetenz in der beruflichen Bildung: Das auftragsbezogene Leittextsystem, Modellversuch der Hoesch Stahl AG, in Gestaltung von Arbeit und Technik - ein Ziel beruflicher Bildung, Camous: Forschung, Bd. 596, Heidegger, G. (Hrsg.), Frankfurt/M. 1988 |
| Krogoll, Tilmann/
Pohl, Wolfgang/
Wanner, Claudia | CNC-Grundlagenausbildung mit dem Konzept CLAUS
Frankfurt/M.: campus 1988 |
| Kunkel, Wolfgang und
Golinski, Peter | Herausforderung für Bildungsträger: Kompaktkurs rechnergestützte Fertigung für Betriebsräte, in: TIBB, 1, 1989 |
| Lahner, Manfred | Qualifikation für CIM, in: FB/IE, 1, 1988 |
| Warnecke, G. | Produktionsfaktor Wissen, in: VDI-Z, 11, 1988 |